Aus der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen
Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. S. Weller

Entstehung und Behandlung der aseptischen Tibiapseudarthrose

Behandlungsergebnisse bei 137 aseptischen Tibiaschaftpseudarthrosen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
der
Medizinischen Fakultät
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
Regine Gräfin zu Münster
geb. Abele
aus
Stuttgart

1983

LIBRARY
UNIVERSITY
OF

Aus der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen
Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. S. Weller

Entstehung und Behandlung der aseptischen Tibiapseudarthrose

Behandlungsergebnisse bei 137 aseptischen Tibiaschaftpseudarthrosen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
der
Medizinischen Fakultät
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
Regine Gräfin zu Münster
geb. Abele
aus
Stuttgart

1983

Herrn Priv. Doz. Dr. Holz danke ich herzlich für die Überlassung des Themas und seine Unterstützung. Außerdem habe ich Herrn Dr. Floetemeyer, den Damen und Herren des Archivs, Herrn Kreß, den Damen der Dokumentationsabteilung, hier insbesondere Frau Schramm für ihre Hilfe und Fräulein Baur für das Schreiben der Arbeit zu danken.

Dekan: Prof. Dr. D. Plester
1. Berichterstatter: Priv. Doz. Dr. U. Holz
2. Berichterstatter: Prof. Dr. S. Weller

Meinen Eltern

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547612_0056

INHALTSVERZEICHNIS

I. ALLGEMEINER TEIL

I. 1. Einleitung und Fragestellung S.1
I. 2. Historischer Überblick S.2
I. 3. Begriffsbestimmung und S.5

Entstehung der Pseudarthrose S.6
a) Die Rolle der Mechanik S.7
b) Durchblutungsstörungen S.8
c) Knochendefekt S.8

I. 4. Diagnostik S.8

Angiographie S.9

Szintigraphie S.9

I. 5. Heutige Behandlungsmethoden S.10

a) Theoretische Grundlagen:
Kallus und primäre Knochenheilung S.11
b) Stabile Osteosynthesen S.12
Der Marknagel S.12
Die Platte S.16
Der Fixateur externe S.18
c) Maßnahmen zur Anregung der Osteogenese S.21

I. 6. Funktionelle Nachbehandlung S.24

II. SPEZIELLER TEIL

A. Material und Methode S.26

B. Ergebnisse S.27
Alters- und Geschlechtsverteilung S.27
Unfallhergang S.28
Beruf S.29
Bruchart S.30
Bruchort S.31
Anfängliche Frakturbehandlung S.31
Ursachen und Entstehungszeiträume der Pseudarthrose S.37
Pseudarthrosetypen S.40
Komplikationen während der Pseudarthrose-entwicklung S.42
Behandlung der Pseudarthrose S.43

a) Pseudarthrosen ohne Vorbehandlung derselben S.43
1. Platte S.43
2. Marknagel S.43
3. Fixateur externe S.43
4. Verfahrenswechsel von einer zur anderen Osteosynthesemethode S.46
5. Spongiosatransplantation S.46
6. Sonstige Verfahren S.46
7. Komplikationen S.46
8. Pseudarthrosen, die zur Ausheilung zweier oder dreier Eingriffe bedurften S.47

b) Konservative Behandlung der Pseudarthrose S.49
c) Auswärts anbehandelte Pseudarthrosen S.49

Komplikationen S.54

Besonderheiten bei kindlichen Pseudarthrosen (ohne kongenitale Pseudarthrosen) S.55
Besonderheiten bei Pseudarthrosen nach Segmentfrakturen S.55
Übersicht über die Behandlung von 137 Pseudarthrosen in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik S.60
Zeitraum bis zur vollen Belastbarkeit der Extremität S.62

Metallentfernungen S.62

Vergleich der Behandlungszeiträume vor und zur erfolgreichen Pseudarthrosebehandlung S.63

Funktionelle Ergebnisse bei 136 ausgeheilten Tibiapseudarthrosen S.64

a) Beschwerden S.64
b) Hilfsmittel S.64
c) Bewegungseinschränkung der angrenzenden Gelenke S.65
d) Beinlängenunterschiede S.66
e) Fehlstellungen S.66
f) Minderung der Erwerbsfähigkeit und Möglichkeit der Weiterbeschäftigung im vor dem Unfall ausgeübten Beruf S.67

III. DISKUSSION S.70
IV. ZUSAMMENFASSUNG S.76
V. LITERATUR S.78

Abkürzungen

AO .....Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
autol. .....autolog
BG .....Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik
bzw. .....beziehungsweise
MDE .....Minderung der Erwerbsfähigkeit
ME ....Metallentfernung
Mon. .....Monate
orthopäd. .....orthopädisch
S. .....Seite
u. .....und

I. ALLGEMEINER TEIL

I. 1. Einleitung

Vor dem Zeitalter der stabilen Osteosynthese waren die Aussichten auf Heilung einer Pseudarthrose gering und der Leidensweg des betroffenen Menschen währte im ungünstigsten Fall für den Rest seines Lebens. Am besten erging es ihm noch mit einer straffen Pseudarthrose. Eine „spezifische" Behandlung dauerte sehr lange; suchte man die Ursache der Pseudarthrose in einem fehlenden Reiz, so wurde beispielsweise in die Pseudarthrose mit Wasser verdünnter Portwein injiziert , ein Haarseil durch sie gezogen oder der Knochen ignipunktiert (BRUNS, 1886) . Oft mußten monatelang sogenannte „knochenbildende " Mittel geschluckt werden wie Lebertran oder zerkleinerte Eierschalen (BÜHLER , 1933) , oder es sollten Wundhormone, die angeblich in Kartoffeln und Kohlrabi enthalten seien, helfen (HABERLAND, zit. nach MATZEN, 1967) . BÜHLER (1933) berichtet, daß auch Bestrahlungen der Milz mit Röntgenstrahlen als therapeutisches Hilfsmittel herangezogen wurden.

Man wußte noch zu wenig vom Knochen, seiner Heilung und den sie störenden Faktoren. Beispielsweise erschien erstmals 1805 ein anatomischer Atlas, der Abbildungen von der inneren Architektur der Knochen enthielt (nach J. WOLFF, 1892) und Wolff mußte noch 1892 mit Kollegen disputieren, ob denn die Transformation der Knochen tatsächlich nach den von ihm in seiner Monographie dargelegten (im wesentlichen heute noch gültigen) Gesetzen erfolge (J. WOLFF, 1892) .

Heutzutage sind Pseudarthrosen dank der modernen Osteosynthesemethoden heilbar geworden. Auch die Behandlung kann von relativ kurzer Dauer sein, dann nämlich, wenn rechtzeitig die richtige Diagnose gestellt und die richtige Therapie durchgeführt wird.

Die sich anbahnende Pseudarthrose zu erkennen, sollte nicht nur Sache des Spezialisten sein, sondern auch in den Möglichkeiten des praktischen Arztes liegen.
In der vorliegenden Arbeit werden folgende Fragen verhandelt:

1. Ursachen der Tibiapseudarthrosen,
2. Behandlungsmethoden und
3. deren jeweiliger Anwendungsbereich,
4. Behandlungsergebnisse .

I. 2. Historischer Oberblick

Um die Vorgänge bei der Störung der Knochenheilung in Form der Pseudarthrose zu verstehen, ist es sinnvoll, die in der Vergangenheit vertretenen Arbeitshypothesen zur Frakturheilung zu rekapitulieren.
Hippokrates meinte, das Knochenmark sei für die Bruchheilung verantwortlich (nach MATZEN, 1967) . GALEN fand die Frakturheilung vergleichbar mit der Verklebung zweier Knochenstücke durch Tischlerleim, wobei der Leim, der Kallus nämlich, eine unorganische anfänglich weiche,nachher harte, aber niemals zu wirklichem Knochen werdende Masse sei (nach J. WOLFF, 1892) . Dem widersprach de HEIDE 1686 : zwischen den Bruchenden befinde sich wahre Knochensubstanz, „ callus, qui duritie, albedine, poris ab osse non differt " (nach J. WOLFF, 1892) .

Zur Behandlung von Frakturen kannten schon CELSUS und GALEN Hohlschienen aus Holz (G. FISCHER, 1876). Die Orthopädie als Wissenschaft sei im 18. Jahrhundert im schweizer und deutschen Raum geboren worden,sagt Fischer in seiner 1876 erschienenen „Geschichte der Chirurgie vor 100 Jahren " .

Bevor die Möglichkeit der Ruhigstellung mittels Gips in Europa bekannt wurde - schon Anfang des ersten nachchristlichen Jahrtausends fand er in Arabien Verwendung - verlegte man sich im 18. Jahrhundert auf das Einbinden der betroffenen Gliedmaße und es entwickelte sich eine ausufernde „Bandagenwissenschaft". Man besann sich dann wieder auf die alten Schienen aus Holz (GOOCH) oder Blech (la FAYE) und polsterte sie mit Leder oder Baumwolle. BROMFIELD und AITKEN erreichten eine besonders gut anmodellierte Schienung, in dem sie die 1748 von SHARP entwickelten geformten Pappschienen in Wasser oder Weinessig tauchten. Durch das Trocknen an der Gliedmaße erhärtete die Schiene.Gegen Ende des 18. Jahrhunderts wurden Vorrichtungen zur Dauerextension konstruiert, so etwa von POSCH ein „Fußbett", in dem das gebrochene Glied auf Gurten in der Schwebe hing und mittels Riemen an Knie und Fuß extendiert werden konnte. Waren Unterschenkelfrakturen krumm geheilt, wurde extendiert oder der harte Kallus nach TENHAAF (1775) durch Breiumschläge und Quecksilbersalbe erweicht und dann gebrochen. WHITE empfahl für den Fall, daß keine knöcherne Vereinigung der Bruchstücke eintrat, 1760 eine Resektion der Bruchenden und ihre Reizung mit Antimon. PHYSICK führte 1802 eine Pseudarthrosebehandlung ein, die darin bestand, daß ein Haarseil durch die Pseudarthrose gezogen wurde. 1794 brachte ein englischer Konsul die Kenntnis vom „ Gipsumguß " nach Europa, eine Methode, die sich nach FISCHER erst ab 1814, nach BÜHLER erst ab 1852 in Europa durchsetzte (G. FISCHER,1876 und BÜHLER 1933) . Man sah alles Heil im Gipsverband, umgab die Frakturen mit mächtigen Gipsen und unterließ oft die Einrichtung der Bruchstücke. An Behandlungsfehlschlägen , meinten manche, müsse der Gips schuld sein und es wurde propagiert, stattdessen die Bruchstelle kräftig zu mobilisieren, was auch vor Muskelatrophie schütze (nach BÜHLER 1933) .

Demgegenüber berichtete BRESCHET in seiner 1819 erschienenen Abhandlung „ Formation du cal " darüber, daß er im Experiment Pseudarthrosen an Hunden durch tägliches Bewegen der Fragmentenden erzeugen konnte. OLLIER bestätigte 1864 die Ergebnisse Breschets : er erzeugte auf die gleiche Weise wie dieser Pseudarthrosen an Kaninchen, die nach Ruhigstellung heilten (nach BRUNS 1886) . Von dieser Erkenntnis zu ihrer praktischen Umsetzung war es noch ein weiter Weg. BIERS Methode war eine Eigenbluteinspritzung in die Pseudarthrose in der Vorstellung, gleichartige Gewebe zögen einander an ; so wollte er die notwendige Vaskularisierung über den Pseudarthrosenspalt hinweg erreichen. Eine regelrechte Knochennaht wurde mit Drähten aus Bronze und Silber durchgeführt (nach GEIGES, 1917) ; ALBEE verwendete Känguruhsehnen als Nahtmaterial (nach BÖHLER , 1933) . Verglichen mit der reinen Resektion sollte eine treppenförmige Anfrischung der Fragmentenden eine gute Adaptation und bessere Fixierung ermöglichen (GARRÉ und BORCHARD, 1921) . PLETTNER führte 1890 als erster die Wadenbeinosteotomie durch, ausgehend von dem Gedanken, daß die sperrende Fibula die Tibia am Zusammenwachsen hindere. LANE führte 1914 die Platten- und Schraubenosteosynthese ein. Ende der fünfziger Jahre des 19. Jahrhunderts empfahlen WOLFF und OLLIER Knochenspäne zur Stabilisierung, zum einen ihrer Gewebefreundlichkeit wegen (Lanesche Platten fielen durch Abstoßung unter Infektion auf), zum anderen sollten sie helfen, die zum Erliegen gekommene Knochenneubildung wieder in Gang zu bringen. KIRSCHNER stellte 1923 die Knochenaufsplitterung , BECK 1929 die Knochenbohrung vor, beide in der Meinung, den Blutgefäßen müßten neue Wege zum Durchsetzen des Pseudarthrosenspalts geschaffen werden und das bei ihrer Methode anfallende im Pseudarthrosengebiet verbleibende Knochenmehl sei zudem ein guter osteogenetischer Stimulus.

BÖHLER empfiehlt die Beck'sche Bohrung in seinem Lehrbuch als sehr erfolgversprechend und spricht ein vernichtendes Urteil über die operative Behandlung mit Verschraubung und Verplattung : „ Tausende von Menschenleben sind diesem Verfahren zum Opfer gefallen und noch mehr sind durch dasselbe zu Krüppeln geworden . " (BÖHLER , 1933) . Englische Chirurgen hätten um Lanesche Platten, die zehn Jahre und länger reaktionslos gelegen seien, Abszesse auftreten sehen, die erst nach Entfernung der Platte geheilt seien. Nach einer Versicherungsstatistik von 1928 waren Heildauer, Behandlungskosten und Renten etwa fünfzig Prozent höher als bei konservativ Behandelten (nach BÖHLER ,1933).
Vieles Entscheidende für die moderne Pseudarthrosebehandlung ereignete sich in den dreißiger und vierziger Jahren : MATTI stellte 1932 die Spongiosaplastik vor, KÜNTSCHER 1941 den Marknagel.Durch weitere technische Vervollkommnung wurden die Ergebnisse verbessert und das Mißtrauen vieler gegenüber den operativen Methoden beseitigt . Heute herrscht Einigkeit darüber, daß eine operative Therapie bei der Pseudarthrose die Methode der Wahl darstellt.

I. 3. Begriffsbestimmung und Entstehung der Pseudarthrose

Begriffsbestimmung

BÖHLER definiert die Pseudarthrose als das „Ausbleiben der knöchernen Wiedervereinigung der Bruchstücke " (BÖHLER 1933), was auch der englische Begriff für „ Pseudarthrose " , „ non-union " , zum Ausdruck bringt. Eine echte Pseudarthrose zeigt neben fehlender knöcherner Überbrückung beidseitig abgedeckelte Markhöhlen (BRUNS, 1886 ; BÖHLER ,1933) ; ihre Entstehung dauert 8-12 Monate :

nach Bruns kann man nach sechs Monaten bis zu mehr als einem Jahr in verzögerte Bruchheilung und schon ausgebildete Pseudarthrose trennen (BRUNS, 1886) ; erst 1895 wurden die Röntgenstrahlen entdeckt. Nach M.E. MÖLLER müssen seit der Fraktur acht Monate vergangen sein, damit man von einer Pseudarthrose sprechen kann (FRIEDRICH, KRONE , 1973) .
Eine verzögerte Bruchheilung liegt dann vor, wenn nach Ablauf des durchschnittlich zur Bruchheilung benötigten Zeitraums der Bruchspalt im Röntgenbild weiter sichtbar bleibt ; nach Böhler kann man dies frühestens nach vier Monaten sagen (BÖHLER,1933) . M.E.MÖLLER gibt vier bis sechs Monate an (nach G.MAYER,1977) .
Bei zahlreichen Frakturen läßt sich bereits aus dem Verlauf im zweiten bis dritten Monat nach der Verletzung erkennen, daß ohne therapeutische Änderung eine um weitere Monate verzögerte Frakturheilung oder gar die Entwicklung einer echten Pseudarthrose zu erwarten ist. Die jeweiligen Obergänge sind fließend und eine Klassifizierung sollte sich an den Konsequenzen für die Therapie orientieren. In diesem Sinne sind in die Monographie von WEBER und CECH auch Fälle „ bis fünf Monate nach Fraktur " in die Reihe der Pseudarthrosen aufgenommen.

Entstehung der Pseudarthrose

Drei Faktoren greifen störend in die Bruchheilung ein:

1. Mechanische Faktoren,
2. Durchblutungsstörungen,
3. Infektion .

In Abhängigkeit vom Gewicht dieser Faktoren im Einzelfall kann eine besondere Pseudarthroseform entstehen: die hypertrophe Pseudarthrose aufgrund fehlender Stabilität im Frakturspalt ; sie kommt weitaus am häufigsten vor (FRIEDRICH, KRONE, 1973) , die oligotrophe Pseudarthrose aufgrund von Durchblutungsstörungen und die Defektpseudarthrose in Form eines echten Knochendefektes infolge einer Aussprengung oder in Form eines avitalen, als Defekt wirksamen Fragments. Eine Infektion als Störfaktor der Knochenheilung kann bei der oligotrophen und bei der Defektpseudarthrose mitgewirkt haben; auf Infektionen soll in dieser Arbeit jedoch nicht weiter eingegangen werden.

Die Rolle der Mechanik

Nach einem Bruch sind die Fragmentenden frei beweglich.Wie in jede Wunde sprosst Granulationsgewebe ein. Jede Biegung, Knickung, Torsion, jeder Zug und jeder Druck wird auf den Bruchspalt übertragen und bewirkt dort Unruhe. Auf diese Unruhezone wachsen von beiden Fragmentenden her Gefäßsprossen zu mit dem Ziel, den Frakturspalt zu durchkreuzen.Die erwähnten Störkräfte zerstören die Gefäßsprossen immer wieder, so daß sie sich lediglich am Rand der Unruhezone verzweigen können. Ohne Blutgefäße ist jedoch keine Osteoblastentätigkeit möglich, so daß die Osteoblasten den Blutgefäßen nur längs ihrer Verzweigungen folgen können. Der Endzustand ist die hypertrophe oder Elephantenfußpseudarthrose. Die mechanische Instabilität hat also nicht nur zum Entstehen der Pseudarthrose geführt, sondern ist auch für ihr Fortbestehen verantwortlich (MÜLLER , SCHENK, WILLENEGGER, 1968 ; FRIEDRICH, KRONE, 1973) . Eine Heilung der Pseudarthrose wird nur durch eine völlige Ruhigstellung im Pseudarthrosebereich möglich sein.

Durchblutungsstörungen

Durchblutungsstörungen als Folge zu starker Gewebstraumatisierung, seien sie unfall- oder operationstechnisch bedingt , führen zu Hypoxie und Atrophie (FRIEDRICH, KRONE, 1973) . Eine Pseudarthrose,die auf dieser Grundlage entstanden ist, bedarf zur Ausheilung neben absoluter Ruhigstellung eines durchblutungsfördernden Stimulus.

Liegt ein echter Knochendefekt als Frakturfolge vor, so ist die beschriebene angiogene Knochenbildung nicht möglich, da der Fragmentbeweglichkeit hier kaum Grenzen gesetzt sind und jede Leitschiene für die einsprossenden Gefäße fehlt. Ist ein avitales Fragment vorhanden, so trägt dieses nicht zur Knochenbildung bei, sondern leistet der Instabilität Vorschub, steht der Gefäßeinsprossung aus den benachbarten vitalen Fragmenten nur im Wege und endet oft als Sequester. Zur Ausheilung der Defektpseudarthrose ist eine Art der Ruhigstellung vonnöten,die zur Vermeidung der Verkürzung des betroffenen Röhrenknochens die Fragmente im richtigen Abstand voneinander hält und das Einbringen eines osteogenetischen Stimulus ermöglicht.

I. 4. Diagnostik

Den Verdacht auf das Vorliegen einer verzögerten Bruchheilung bzw. einer Pseudarthrose lassen Schmerzen, Oberwärmung, Hautrötung und Schwellung im Frakturbereich aufkommen. Besteht außerdem eine Wackelbeweglichkeit der Fragmente gegeneinander, ist die Diagnose einer verzögerten Bruchheilung bzw. einer Pseudarthrose beinahe gesichert ; bei straffen Pseudarthrosen muß allerdings keine Wackelbeweglichkeit feststellbar sein.

Im Röntgenbild fehlt eine knöcherne Oberbrückung des Frakturspaltes, der bei der Pseudarthrose eine beidseitige knöcherne Abdeckelung der Markräume aufweist und um den je nach Pseudarthrosetyp verschieden stark ausgeprägter Kallus liegt.
Unter Umständen geben in schwieriger gelagerten Fälle Tomogramme und andere Spezialaufnahmen, wie zum Beispiel Schrägaufnahmen, endgültigen Aufschluß.

Angiographie

Mittels der Angiographie läßt sich die Heilungspotenz einer Pseudarthrose beurteilen, die eventuelle Avitalität einzelner Fragmente bestimmen sowie die Einheilung von Knochentransplantaten verfolgen. An der Bruchstelle muß sich nach GREPL (1976) ein vom Blutkreislauf der betroffenen Extremität in der Weise abgesonderter Kreislauf ausbilden, daß er beschleunigt den Ort erhöhten Blutbedarfs versorgt. Es zeigt sich, daß an dieser lokalen Gefäßrekonstruktion die Gefäßsysteme der Muskulatur, des Unterhautzellgewebes und der Haut mitwirken. Weniger bedeutsam ist dabei eine direkte Beschädigung des Gefäßstammes als Unfallfolge oder im Rahmen weiterer Manipulationen ; vielmehr ist das Ausmaß der Gefäßneubildung entscheidend. Die Angiographie gehört heute noch nicht zur Routinediagnostik der Pseudarthrose und ihrer Vorform.

Szintigraphie

Eine weitere diagnostische Möglichkeit liegt in der Knochenszintigraphie. An Radioisotopen wurden $^{99\,m}$Tc-Polyphosphat (KUNZE et al. , 1978) , $^{87\,m}$Sr (FASOL , 1976) und $^{99\,m}$Tc-Pyrophosphat (ZECHMANN, OBERHAMMER, 1976) verwendet; die Szintigraphie erfolgte mit einem Scanner.

Die radioaktiv markierten Verbindungen werden an die Oberfläche der Hydroxylapatitkristalle adsorbiert und in den Knochen eingebaut. So lassen sich Zonen mit besonderer Reparationsaktivität gegen Zonen abgrenzen, die sich im üblichen ständigen Umbau befinden (ZECHMANN, OBERHAMMER, 1976) . Das Szintigramm allein läßt keine Prognose über den Heilungsverlauf zu ; eine Beurteilung ist nur mit Kenntnis des Röntgenbildes und des bisherigen Heilverlaufes möglich (FASOL, 1976). Insbesondere läßt sich nach FASOL anhand des Szintigramms der Zeitpunkt der Frakturheilung nicht festlegen, da die sich darstellenden Umbauvorgänge nach diesem Zeitpunkt mit großen individuellen Schwankungen weitergehen können. Verglichen mit der normalen Frakturheilung treten die in gewissen Abständen nach der Verletzung beobachteten Aktivitätsmuster bei zu erwartender Heilungsverzögerung verspätet auf. Hier kann vor manifesten röntgenologischen Zeichen der Verdacht auf eine verzögerte Frakturheilung ausgesprochen werden . Pseudarthrosen stellen sich als Gebiete sehr hoher Aktivität dar, deren Abnahme nach einer Pseudarthrose operation auf den Erfolg derselben hinweist. HIEBLER und FUEGER (1977) halten das Szintigramm für geeignet, um bei verzögerter Frakturheilung den Zeitpunkt der Metallentfernung festlegen zu helfen ; KUNZE et al. (1978) würden es dem frühzeitigen Nachweis der Vitalität eines Transplantates vorbehalten.

I. 5. Heutige Behandlungsmethoden.

a) Theoretische Grundlagen: Kallus und primäre Knochenheilung.

b) Stabile Osteosynthesen

Kallus und primäre Knochenheilung

Fixierende Verbände sollen eine Bruchheilung in funktionell günstiger Stellung ermöglichen. So vermitteln Gips oder Extension zwar eine Schienung, reichen jedoch für eine absolute Ruhigstellung nicht aus. Man sieht daher im Röntgenbild um die Fraktur eine verschieden stark ausgeprägte Kallusmanschette, die zur Immobilisierung der Fragmente beiträgt. Diese Zwischenstufe des Narbengewebes „Kallus" ist ein Umweg bei der Verknöcherung der Bruchstücke. Lane beschrieb angesichts der von ihm angewandten Platten- und Schraubenosteosynthese den direkten Weg als „ bone healing by primary intention " (nach FRIEDRICH, 1978) . Unter primärer Knochenheilung versteht man das direkte Hinüberwachsen der Osteone vom einen zum anderen Knochenfragment bei zwischen beiden bestehendem festem Kontakt. Eine kallusfreie Heilung ist nur zu erwarten, wenn eine absolute Ruhigstellung erzielt ist (MOLLER, SCHENK , WILLENEGGER, 1968) . Je instabiler die Fixation ist, umso größer ist das Ausmaß der Kallusmanschette, die Weber und Cech daher auch „Unruhekallus " nennen (WEBER, CECH, 1973) .

Lang umstritten war die Rolle des interfragmentären Drucks bei der Osteosynthese. Es wurde von Drucknekrosen gesprochen, weil man eine Resorption an den Fragmentenden bemerkt hatte. Heute weiß man, daß diese Resorption durch Mikrobewegungen an den Fragmentenden induziert wird und für die spontane Bruchheilung charakteristisch ist. DANIS (1940) schrieb dem interfragmentären Druck eine gewebsdeterminierende Wirkung in dem Sinn zu , daß erst der Druck Knochenbildung induziere. BASSETT führte 1962 den Nachweis, daß pluripotente Mesenchymzellen in vitro unter Druck zu Osteoblasten werden, ohne Druck zu Bindegewebszellen (nach FRIEDRICH, 1978) . PERREN und Mitarbeiter (1974) wiesen experimentell nach,daß die Rolle des Druckes die eines reinen mechanischen Stabilisators ist :

mit Hilfe von Kompressionsmeßplatten an Tibiaschaftosteotomien und nachfolgenden histologischen Untersuchungen fand sich unter stabilen Bedingungen keine Resorption an den Fragmentendflächen. Initial war ein Druckabfall zu verzeichnen, der spezifisch für die Viskoelastizität des Knochens an sich ist. Unter fortbestehender Kompression schließt sich eine langsame Druckabnahme am Frakturspalt als Ausdruck des allmählichen Umbaus des Haverschen Systems an (PERREN, 1974) .

Stabile Osteosynthesen

Nachdem erkannt worden war , daß zumindest bei den hypertrophen Pseudarthrosen die Heilung von absoluter Ruhigstellung abhängt, (MÜLLER, SCHENK, WILLENEGGER, 1968) galt es, Methoden zu entwickeln, mit denen die Fragmente bis zur Ausheilung in optimaler Stellung so fixiert werden konnten, daß Mikrobewegungen weitestgehend ausgeschaltet wurden. Diese Bedingung erfüllten Gipsverbände, Drahtcerclagen und reine Schraubenfixierung nicht. Es bleibt heute die operative Fixierung mit den stabilen Osteosynthesemethoden des Marknagels, der Platte und des Fixateur externe . Neben der Technologie sind weitere Voraussetzungen für eine erfolgreiche Osteosynthese Asepsis, Erfahrung des Operateurs, die Beachtung der Anwendungsbereiche spezieller Implantate sowie ihre richtige Dimensionierung.

D e r M a r k n a g e l

Der Vorläufer der Marknagelung ist die Knochenbolzung, bei der ein Körper in die Markhöhle eingeführt wird, der so lang ist, daß er die Bruchstelle im Markraum nach distal und proximal etwas überragt. Es handelt sich nicht um eine stabile Osteosynthese im heutigen Sinn. Als erster trieb DIEFFENBACH 1846 Elfenbeinstifte als Bolzen ein, später wurden Knochenspäne verwendet (nach BRUNS, 1886) .

1949 stellte Küntscher den von ihm entwickelten Marknagel zur Pseudarthrosebehandlung vor, der im Unterschied zur Knochenbolzung eine stabile Osteosynthese darstellt, wenn er „ in beiden Bruchstücken durch elastische Kräfte unverrückbar festgeklemmt sitzt " (KONTSCHER , 1949) . Damit in die unterschiedlich weiten Markräume jeweils ein wandschlüssiger und ausreichend dicker Nagel eingeschlagen werden konnte, entwickelte Küntscher ein zum Aufbohren des Markraums geeignetes Instrumentarium. Während Küntscher anfänglich bei Pseudarthrosen die offene Nagelung mit Freilegung der Bruchstelle unumgänglich fand, weil der Nagel seiner Konstruktion nach die beidseitigen knöchernen Abdeckelungen nicht durchstoßen konnte, wird heute überwiegend geschlossen genagelt, wobei die Nageleinschlagstelle oberhalb der Tuberositas tibiae liegt. Abgedeckelte Pseudarthrosen werden mit einem Rushpin durchstoßen oder mit dem Handbohrer überwunden. Ideale Marknagelindikation ist das mittlere Schaftdrittel , wo die Markhöhle am engsten und somit der erforderliche schlüssige Sitz leicht zu erreichen ist.

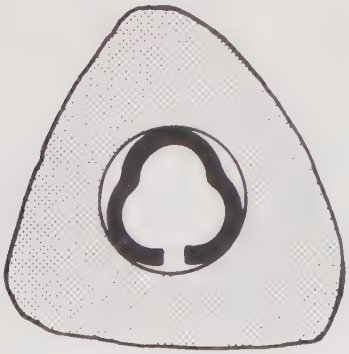


Abb. 1 Marknagel in situ (Querschnitt)

Um die Anwendungsmöglichkeiten des Marknagels nach proximal und distal in der sich erweiternden Markhöhle ausdehnen zu können, erdachte MAATZ in den vierziger Jahren den Spreiznagel ; Küntscher konzipierte den 1968 vorgestellten Detensionsnagel, der in seiner Fortentwicklung als Verriegelungsnagel seit etwa 1970 angewandt wird. Dabei wird vor allem die Rotationsinstabilität durch Einbringen von Schrauben durch den Nagel in seinen proximalen oder distalen Abschnitt aufgehoben (KLEMM, 1978) . Die Rotationsstabilisierung gelingt auch mittels einer Kortikalisschraube, welche durch die obere Nagelöse eingesetzt wird .

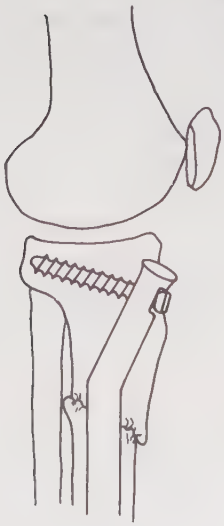


Abb. 2

Marknagel mit Kortikalisschraube

Im distalen Abschnitt erfolgt die Rotationsstabilisierung mit Hilfe von Ausklinkdrähten nach Herzog (AO-System) (SCHAUWECKER, 1981 ; SEQUIN, TEXHAMMAR, 1980).

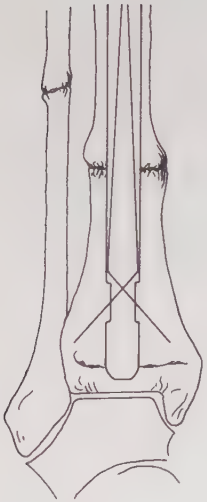


Abb. 3

Marknagel mit Ausklinkdrähten

Dieses Vorgehen macht im proximalen und distalen Schaftdrittel gelegene Pseudarthrosen sowie solche nach Trümmerfrakturen nagelfähig. Die Marknagelosteosynthese bietet als überragenden Vorteil die baldige Belastungsstabilität und vermeidet bei der geschlossenen Nagelung eine äußere Devastierung des Knochens.

Die Platte

Die Geschichte der Plattenosteosynthese beginnt 1914 mit der Laneschen Platte. 1949 griff Danis die Idee wieder auf und erweiterte sie um die Anwendung interfragmentären Drucks. Im Unterschied zu den Laneschen Platten, wo die Verschraubung ohne Druckanwendung erfolgt und immer ein, wenn auch geringer, Abstand zwischen den Fragmenten bestehen bleibt, üben heute verwendete Druckplatten nach MÜLLER, ALLGÖWER und WILLENEGGER interfragmentären Druck aus und gewährleisten so absolute Stabilität. An Platten werden DC- oder Spann-Gleitloch-Platten, gekennzeichnet durch ovale Löcher, die geraden Rundlochplatten und die Halbrohrplatten mit rinnenförmigem Profil, die am wenigsten Platz beanspruchen, verwendet. Sie können entsprechend den anatomischen Erfordernissen modelliert werden.

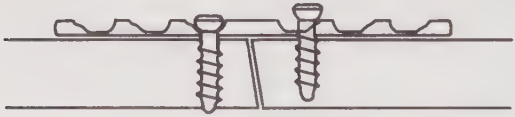


Abb. 4.
Spann-Gleitloch-Platte:
exzentrisches Einsetzen der Schraube

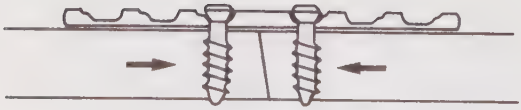


Abb. 5
Durch das Anziehen gleitet die Schraube unter Mitnahme des Fragments, wodurch die Platte gespannt wird (Pfeile)

Funktionell gesehen unterscheidet man Zuggurtungs- , axiale Druck - , Neutralisations- und Abstützplatten. Eine Zuggurtungsplatte wird dann eingesetzt, wenn der Knochen im Pseudarthrosebereich konvex oder konkav deformiert ist. Dabei wird die Platte über die Konvexität gelegt und mittels eines Plattenspanners unter Zugspannung gesetzt (WEBER, CECH, 1973) .

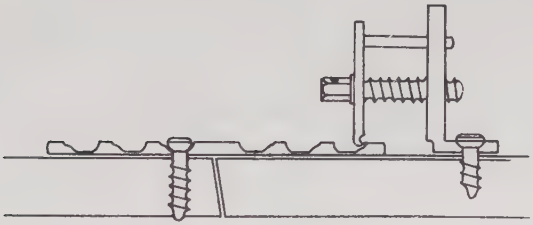


Abb. 6
Einhängen des Plattenspanners

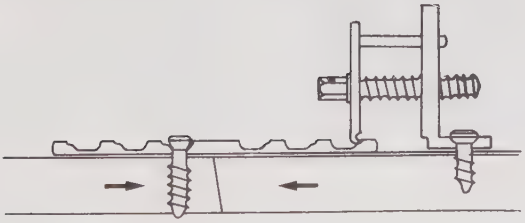


Abb. 7
Das Vorspannen erzeugt interfragmentären Druck.

Zeigt hingegen die Konvexität des betroffenen Knochens zum Partnerknochen, setzt man anstatt der Zuggurtungsplatte die axiale Druckplatte ein . Dabei wird die Platte entgegen der Knickung im Knochen vorgebogen, damit beim Verschrauben unter Zuhilfenahme des Plattenspanners über dem ganzen Querschnitt der Pseudarthrose Druck erzeugt werden kann (WEBER, CECH, 1973) . Eine Neutralisationsplatte korrigiert keine Achsenabweichung,sondern dient lediglich als ergänzende Stabilisation der durch sie oder separat von ihr eingesetzten Zugschrauben (WEBER, CECH, 1973) . Eine Schraube wirkt dann als Zugschraube, wenn sie im kopfnahen Fragment frei gleiten kann und nur das gegenüberliegende Fragment fasst (SEQUIN, TEXHAMMA , 1980) . Eine Abstützplatte wird vor allem bei metaphysären Frakturen mit Trümmerzonen und Spongiosakompression eingesetzt und soll die Fraktur vor dem Zusammensintern bewahren; bei diaphysären Defekten erhält sie die Distanz zwischen den Fragmenten. Eine Abstützplatte unterliegt einer reinen Druckbelastung, wohingegen Druck erzeugende Platten vorgespannt werden und daher auf Zug beansprucht . Entsprechend dieser ihrer Funktion als Kraftträger soll die Abstützplatte nicht zu gering dimensioniert sein (MIEHLE, 1980). Anwendungsbereiche von Platten sind gelenknahe Frakturen und Pseudarthrosen und solche im proximalen und distalen Schaftdrittel.

Der Fixateur externe

MALGAIGNE war Mitte des 19. Jahrhunderts wohl der erste, der zwei frakturfern eingebrachte, den Knochen durchbohrende Metallstifte eingipste (nach WEBER, CECH, 1973) . LAMBOTTE drehte 1908 Schrauben in beide Fragmente und fixierte ihre Enden über eine Metallplatte (nach WEBER, CECH 1973).

GREIFENSTEINER verwendete die 1940 von BEST vorgestellte Festhaltevorrichtung in Form zweier durch die beiden Fragmente gebohrter, in einen Extensionsbügel gespannter Kirschnerdrähte zur Pseudarthrosebehandlung (nach SKIBBE, ECKE, 1971) . CHARNLEY modifizierte das Verfahren 1948 bzw. 1951 , indem er als Druckübertrager auf den Knochen Steinmann-Nägel verwendete, die mit einer Art Schraubzwinge als „Fixateurs externes" gefasst und unter Druck gesetzt werden (nach SKIBBE, ECKE, 1971) . MÖLLER wandelte 1958 das Verfahren zum AO-Fixateur ab. HOFFMANN verwendete für sein 1936 vorgestelltes, als "Osteotaxis" bezeichnetes äußeres Fixationssystem spezielle Nägel mit einem selbstschneidenden Schraubengewinde. JUDET verwendete einen Gummizug zur Druckerzeugung an seinem System (nach WEBER, CECH, 1973).

Unentbehrlich ist die äußere Stabilisierung heute vor allem bei Infektpseudarthrosen. Anstelle einer Platte wird der Fixateur externe auch bei gelenknahen Pseudarthrosen verwendet, die der Platte keine ausreichende Verankerungsmöglichkeit böten (HOLZ, WELLER 1975) . Eine weitere Indikation für die äußere Stabilisierung sind solche Pseudarthrosen, die einer größeren Achsenkorrektur oder einer Schaftverlängerung bedürfen. Gebräuchlich sind heute Rahmen- und Klammerfixateure sowie Kombinationen aus beiden. Der Rahmenfixateur besteht im einfachsten Fall aus zwei Steinmann-Nägeln und Längsschrauben, die die jeweiligen aus der Extremität heraustretenden Nagelenden fassen. Verkürzt man den Abstand der paarigen Längsschrauben, erfahren die beiden Fragmente eine axiale Stauchung, die an der elastischen Verformung der Nägel sichtbar wird. Somit ist eine Druckosteosynthese erzielt. Eine „ Stillhalteosteosynthese " ohne axiale Kompression kommt an der Tibia bei Defekten sowie bei Varusdeformität und intakter Fibula in Frage (WEBER, CECH, 1973) . Ein Klammerfixateur verfügt über Kortikalisschrauben als Druckübertrager auf den Knochen ; dementsprechend ist das Stellschraubensystem einseitig angebracht.

Seine Stabilität ist nach ADREY (1971 ; nach WEBER, CECH, 1973) geringer als die des Rahmenfixateurs, weshalb er nicht als „Stillhalte -" , sondern nur als Druckfixateur eingesetzt werden sollte. Es hat sich für die Tibia besonders bewährt, eine Rahmen-Klammer-Fixateur-Kombination in dreidimensionaler Anordnung nach HIERHOLZER (1978 ; nach MIEHLE ,1980) zu verwenden .

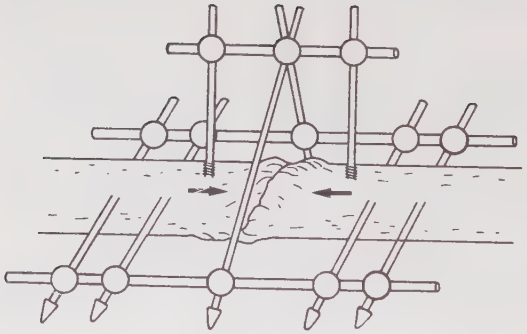


Abb.8: Fixateur externe in dreidimensionaler Anordnung

Die Nagel- bzw. Schraubenlager haben eine erstaunlich geringe Infektionstendenz (WEBER, CECH, 1973) .Die meisten der selten auftretenden Infektionen sind auf die Haut beschränkt oder kommen nach Entfernung eines betroffenen Kraftüberträgers ohne nennenswerten Stabilitätsverlust für die gesamte Fixierungsanordnung zur Ruhe. Nach Anlegen eines Fixateur externe kann man sogleich mit der funktionellen Übungsbehandlung beginnen und später etwaige ergänzende Eingriffe bei fortbestehender Stabilisierung durchführen. Soweit erforderlich, läßt sich der ausgeübte Druck leicht korrigieren.

Maßnahmen zur Anregung der Osteogenese

Noch bevor die herausragende Bedeutung der absoluten Ruhigstellung allgemein anerkannt war und vor allem:
sie verwirklicht werden konnte, herrschte die Vorstellung, daß die Ursache der Pseudarthrose in einer Erschöpfung osteogener Potenz liege, die eines Reizes bedürfe, damit Verknöcherung eintrete. Uneinigkeit bestand lange über die Art des erforderlichen Reizes. WYETH hielt Knochenmark für geeignet: er spritzte es in die Pseudarthrose (1878 ; nach BRUNS,1886). Seit Ende des letzten Jahrhunderts werden auto- ,homo- und heteroplastische Knochenspäne verwendet, Späne nicht zuletzt deshalb, weil man sich von ihnen neben einer anregenden Wirkung auf die Knochenneubildung eine mechanische Stabilisierung erhoffte. Schon WOLFF erwies 1863 die Überlegenheit des autoplastischen Knochens. Heute weiß man,daß dies an den antigenen Eigenschaften homo- und heteroplastischer Transplantate liegt;um dennoch solches Material verwenden zu können,enteiweißten es MAATZ und BAUERMEISTER (1957 bzw. 1958 , nach BINDER,1976): sogenannter Kieler Knochenspan. Danach war jedoch nach SCHWEIBERER jegliche osteoinduktive Potenz verloren(1970 ; nach van der WERKEN, BURRI, WOLTER ,1979).Heute noch von manchen Autoren empfohlene autologe Spanformen

(U. WEBER, BECERRA-URTIAGA, GROß , 1978 ; TIMME , 1971 ; JONASCH, 1973 ; FRAUSCHER, 1977/1978) sind der periostfreie, im Pseudarthrosegebiet in eine Periosttasche nur eingelegte Phemisterspan (PHEMISTER, 1947) sowie der periostgedeckte, handwerklich eingepasste, von ALBEE 1921 erstmals beschriebene Span, bekannt als Lexerspan (LEXER, 1933) (U. WEBER, BECERRA-URTIAGA, GROß 1978) .

Eine besondere Form des Span, nämlich die Fibula, verwendete HAHN seit 1884 bei Defektpseudarthrosen (HAHN, 1884) . Er durchtrennte die Fibula so weit proximal, daß sie ins proximale Tibiafragment eingebolzt werden konnte und erhielt ihr so von distal her die Blutversorgung. BRANDES behob 1913 den Mangel der Hahnschen Operation, die schlechte Stellung im oberen Sprunggelenk , indem er zweizeitig operierte : zuerst wie HAHN ; dann bolzte er in einer zweiten Operation, nachdem die Blutversorgung der eingebolzten Fibula von proximal her sichergestellt war, die Fibula auch ins distale Tibiafragment ein. Von den vielen Modifikationen dieser Hahn-Brandesschen Operation sei die Modifikation nach ECKE und KYAMBI (1975) herausgegriffen, die die Fibula unter Erhaltung der membrana interossea nach hinten dreht und sie ohne Einbolzung mit Zugschrauben an der Tibia befestigt. Das Anwendungsgebiet der Hahn-Brandesschen Operation sind Defekt- und Infekt-Defekt-Pseudarthrosen.

Eine weitere besondere Form des autologen Spans ist die Dekortikation, die DUNN 1939 zum ersten Mal als „subcortical method " beschrieb (DUNN 1939) . Er legte das Pseudarthrosegebiet frei und hob zirkulär eine dünne Cortexschicht mit damit in Verbindung bleibendem Periost und Muskeln ab , resezierte das Pseudarthrosegewebe , eröffnete die Markhöhle und sorgte dann für engen Kontakt der beiden angefrischten Fragmente. Bis zur erreichten Konsolidierung fixierte er ohne Osteosynthese, weil die Krankenunterlagen seines Krankenhauses klar zeigten, daß oft erst eine Verplattung für die Pseudarthroseentstehung verantwortlich sei.

CHARNLEY ergänzte Anfang der sechziger Jahre die Methode durch Einbringen von Spongiosa in den Zwischenraum zwischen abgehobenem Knochenlamellenmantel und freigemeißelter Kambiumschicht, unterließ aber die Anfrischung. 1965 führten JUDET und JUDET und ihre Mitarbeiter eine „ décortication ostéomusculaire " ein, die obligat eine stabile Osteosynthese einbezog. Innerhalb der Ummantelung aus Kortikalisstückchen mit anhängendem Periost, die als gestielte Spanplastik aufzufassen ist, findet Knochenneubildung statt, die die Pseudarthrose muffenförmig überbrückt (WEBER, CECH, 1973) .

MATTI brachte erstmals 1926 eine Pseudarthrose mit Hilfe einer Spongiosaplombe zur Ausheilung ; Plombe deshalb, weil er einerseits das Pseudarthrosegewebe und den angrenzenden sklerotischen Knochen für ein schlechtes Transplantatlager hielt, er aber andererseits zur Erhaltung der Stellung der Fragmente eine hintere schmale Brücke erhalten mußte (MATTI, 1932) .Die Spongiosa entnahm er dem Trochanter des Femur . Aufgrund eigener Tierexperimente war er zur Auffassung gelangt, daß die Transplantation von Spongiosa biologisch aussichtsreicher sei als die eines kompakten Knochenspans. Erst im Verbund mit einer stabilen Osteosynthese konnte jedoch das Spongiosatransplantat seine Oberlegenheit zeigen, weil sein Einbau nur bei mechanischer Ruhe in optimaler Weise erfolgen kann. Dann jedoch zeigt sich eine größere Vaskularisationsfähigkeit und eine höhere osteoinduktive Potenz gegenüber dem autologen kompakten Span. Osteoinduktiv wirksam sind dabei nach van der WERKEN, BURRI und WOLTER (1979) zwei Faktoren:

1. die überpflanzten überlebenden Knochenzellen wirken direkt an der Knochenneubildung mit ;
2. das Transplantat übt eine induktive Wirkung auf sein Lagergewebe aus dergestalt, daß sich das pluripotente mesenchymale Bindegewebe zu Knochengewebe umwandelt .

Nach der klassischen Osteoblastenlehre G.AXHAUSENS (1908 veröffentlicht) sind die überlebenden Osteoblasten für den Einbau eines Knochentransplantates verantwortlich , entsprechend dem vorgenannten ersten Faktor. Demgegenüber sahen BASCHKIRZEFF und PETROW 1912 das angeblich mit osteogenetischen Fähigkeiten begabte, das Knochentransplantat umgebende Bindegewebe als für die Knochenneubildung maßgeblich an (nach MATZEN, 1967) .
Im Röntgenbild läßt sich nach KUNITSCH und MUHR (1974) der Transplantateinheilungsprozess in den von Stringa beschriebenen drei Phasen verfolgen: Vaskularisierung des Transplantates, osteogene Regeneration und funktionelle Adaptation.
Läßt sich nicht in ausreichender Menge autologe Spongiosa beschaffen, kann durch Tiefkühlung konservierte homologe Spongiosa verwendet werden,die verzögert einheilen wird, weil keine lebenden Zellen übertragen werden (KUNITSCH u. MUHR , 1974 , POPKIROV , 1978) .
Heute gewinnt man Spongiosa hauptsächlich aus dem Beckenkamm und verbindet ihre Transplantation mit einer Dekortikation. Voraussetzung für eine gute Einheilung sind mechanische Ruhe und gute Vaskularisation des Transplantatbetts. Indikation für eine Spongiosatransplantation sind die eines osteogenetischen Stimulus bedürftigen avitalen, Defekt- und Infektpseudarthrosen sowie die oligotrophen Pseudarthrosen.

I. 6. Funktionelle Nachbehandlung

Ziel jeder Behandlung ist es, der Extremität die gewohnte Gebrauchsfähigkeit wiederzugeben. Hierzu gehören ein flüssiges Gangbild, ein ausreichendes Stehvermögen, eine gute Beweglichkeit der angrenzenden Gelenke und Schmerzfreiheit. Die Nachbehandlung geht bei Pseudarthrosen meist von schlechteren Voraussetzungen aus als bei Frakturen , und dies in besonderem Maß bei älteren Patienten.

Oft wurde vor der Pseudarthrosebehandlung monatelang ein Gips getragen, was für eine zunehmende Gelenkeinsteifung gesorgt hatte. Bestanden Schmerzen unter osteosynthetischer Versorgung, wurde die betroffene Extremität geschont mit dem Ergebnis einer Inaktivitätsatrophie.Der jüngere Patient überwindet solche Hemmnisse leichter als der ältere . Böhler empfiehlt, bereits in der Ruhigstellungsphase eine funktionelle Übungsbehandlung aller nicht betroffenen Gliedmaßenabschnitte durchzuführen (BÖHLER, 1933) . Täglich sollten mehrmals, sofern der Stand der Heilung dies zuläßt, krankengymnastische Übungen und eine Gehschule durchgeführt werden, bis an die Schmerzgrenze, um so die Leistungsgrenzen heraufzusetzen und Schonhaltungen zu beseitigen. Hierbei soll die aktive Bewegungsübung gegenüber der passiven im Vordergrund stehen.

II. SPEZIELLER TEIL

A. Material und Methode

Untersucht und ausgewertet wurden 137 Fälle von aseptischer Pseudarthrose des Tibiaschafts, die in der Zeit vom 01.01.1970 bis 31.12.1979 in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen an 137 Patienten behandelt worden waren. Es werden frische und veraltete Verletzungen behandelt, die oft andernorts bereits zu Schwierigkeiten geführt hatten. In diesem Sinne unterliegt das Krankengut einer Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik einer gewissen Vorauswahl.

Es wurden in diese Untersuchung nur solche Tibiaschaftpseudarthrosen aufgenommen, die aus einer durch ein adäquates Trauma hervorgerufenen Fraktur entstanden waren. Pseudarthrosen nach offenen Frakturen wurden dann berücksichtigt, wenn bei der Aufnahme in die Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik aseptische Verhältnisse vorlagen.

Die Bearbeitung erfolgte anhand von Krankenunterlagen und Röntgenbildern. Die Daten wurden mit einem Erhebungsbogen erfasst, der nach folgenden Gesichtspunkten gegliedert war :

1. Soziologische Daten
2. Beschreibung der Fraktur
3. Art der Frakturbehandlung
4. gegebenenfalls Art der Vorbehandlung der Pseudarthrose
5. Art der Pseudarthrosebehandlung in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik
6. Funktionelles Ergebnis.

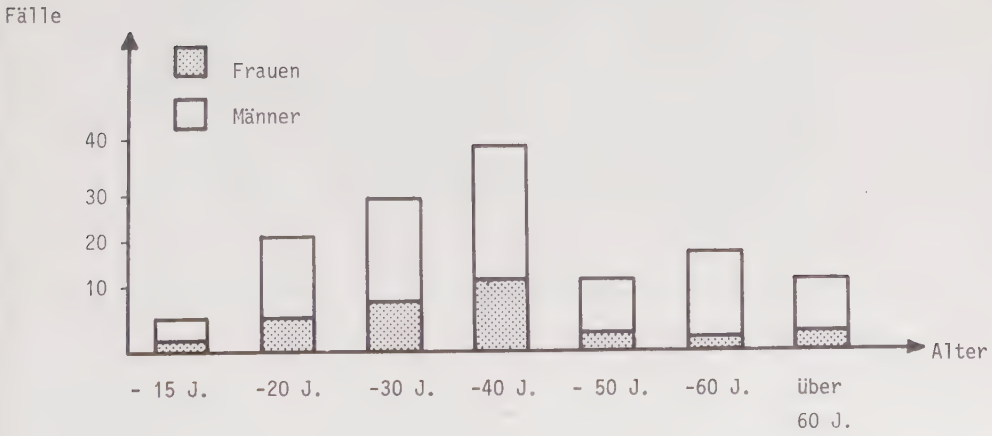
Der umfangreiche Erhebungsbogen enthält infolge seiner Erstellung vor der Bearbeitung Fragen nach Daten, von denen sich bei der Bearbeitung der Krankenunterlagen zeigte, daß sie aufgrund von Lücken in den Krankenunterlagen nur teilweise oder gar nicht erfaßbar waren. Die Daten des Erhebungsbogens wurden auf ein einfaches, von Hand auswertbares Lochkartensystem übertragen .

B. Ergebnisse

Alters-und Geschlechtsverteilung

Die Altersangabe bezieht sich immer auf den Zeitpunkt des Unfalls. Der älteste Patient war 84 Jahre, der jüngste 9 Jahre alt ; das Durchschnittsalter betrug 36 Jahre.Von den 137 Patienten waren 100 Männer und 37 Frauen.

Abb. 9 Alters- und Geschlechtsverteilung



In der Altersgruppe zwischen 3o und 4o Jahren war bei Männern und Frauen die größte Häufung an Pseudarthrosen zu verzeichnen. Ein zweiter, weniger hoher Gipfel lag in der Altersgruppe zwischen 5o und 6o Jahren, in der der Anteil der Männer überwog ; bei den Frauen gab es in den Altersgruppen „ 4o-5o Jahre", „5o-6o Jahre" und „über 6o Jahre" nahezu gleich viele Pseudarthrosen. Beim Vergleich ehemals offener und geschlossener Frakturen ergab sich keine unterschiedliche Verteilung der Altersgruppen.

Unfallhergang

Tab. 1

Unfallhergang	Männer	Frauen	gesamt	%
Betriebsunfälle	30	2	32	23
Wegeunfälle	21	7	28	20
davon Fußgänger	1o	1	11	8
Auto	2	2	4	3
Zweirad	9	4	13	10
private Unfälle(außer Sport)	33	13	46	34
davon Fußgänger	7	1	8	6
Auto	4	4	8	6
Zweirad	16	3	19	14
ohne nähere Angabe	6	5	11	8
Verkehrsunfälle gesamt	48	15	63	46
Sportunfälle	15	14	29	21
nicht genannt			2	

Auffällig war der hohe Anteil von 72 % an Verkehrsunfällen bei den offenen Frakturen. Ebenso war der Anteil der Betriebsunfälle bei den offenen Frakturen mit 28 % relativ hoch im Vergleich zu den geschlossenen Frakturen mit 19 % . Genauso hoch wie der Anteil der Betriebsunfälle war der der Zweiradunfälle.Die meisten Frakturen ereigneten sich bei privaten Unfällen; dabei waren die Verkehrsunfälle am häufigsten.
Erhebliche Begleitverletzungen, deren Art bei der Auswertung nicht festgehalten worden war, hatten 25 Patienten. Darunter waren 24 Verkehrsunfälle und ein Sturz aus dem zweiten Stockwerk.

Beruf

Tab. 2 Berufsgruppen

Handwerker	19 = 14 %
Arbeiter	35 = 26 %
Selbständig	11 = 8 %
Verwaltung	16 = 12 %
nicht berufstätig	9 = 7 %
in Ausbildung	26 = 19 %
sonstige	21 = 15 %

Der Anteil der Handwerker an den Betriebsunfällen war auffällig hoch : elf von neunzehn Handwerkern. Hingegen hatten nur zehn von 35 Arbeitern einen Betriebsunfall. Arbeiter und in Ausbildung Befindliche stellten die zahlenmäßig größten Gruppen, gefolgt von den Handwerkern. Keiner der in Ausbildung Befindlichen hatte einen Betriebsunfall; bei ihnen waren Zweiradunfälle am stärksten vertreten, nämlich elf mal von 25 .

Bruchart

Tab. 3 Bruchart

	Männer	Frauen	gesamt	%
Querbrüche	18	5	23	17
Schrägbrüche	14	7	21	15
Biegungsbrüche	4	3	7	5
Trümmerbrüche	37	13	50	37
Torsionsbrüche	9	5	14	10
Segmentbrüche	6	1	7	5
ohne Angaben			15	11

Es handelte sich um 69 geschlossene und 68 offene Frakturen. Insgesamt fiel der hohe Anteil an Trümmerbrüchen überhaupt und an Segmentfrakturen bei den Männern auf. Bei den offenen Frakturen war der Anteil an Trümmerbrüchen noch höher,nämlich 50 % ; bei den geschlossenen Frakturen machten die Trümmerbrüche nur 23 % aus.

Bruchort

Im proximalen Schaftdrittel waren vierzehn Tibiae gebrochen, im mittleren 60 und im distalen 57 . Ohne Drittelangabe verblieben sechs Tibiae. Der linke Unterschenkel war 61 mal betroffen, der rechte 75 mal ; ohne Angabe verblieb ein Fall. Eine beidseitige Unterschenkelfraktur erlitten vier Patienten ; die Pseudarthrose entstand jedoch nur an einer Tibia, die bereits oben „ rechts " oder „ links " zugeordnet ist. Die Fibula war 24 mal nicht mitbetroffen (18 %) . Das obere Sprunggelenk war einmal , das Kniegelenk zweimal mitbetroffen.

Anfängliche Frakturbehandlung

Bei 96 % der geschlossenen und 85 % der offenen Frakturen erfolgte die Frakturbehandlung außerhalb, bei den übrigen Fällen innerhalb der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik.

Tab. 4 Anfängliche Frakturbehandlung bei offenen und geschlossenen Verletzungen

Art der Frakturbehandlung	offen	%	geschlossen	%
Konservative Frakturbehandlung	18	26	21	30
Operative Frakturbehandlung	35	51	37	54
zunächst konservativ, dann operativ	15	22	11	16

Insgesamt 39 Frakturen (28 %) wurden konservativ durch Extensions- und Gipsverband (25 Patienten) oder Gipsverband alleine (14 Patienten) behandelt. Sofort operativ angegangen wurden insgesamt 72 Frakturen (53 %) . Zunächst konservativ, dann operativ wurde insgesamt 26 mal (19 %) verfahren. Insgesamt sind also 98 Frakturen (72 %) primär oder sekundär operativ behandelt worden. Die Extensionsbehandlung wurde in der Mehrzahl der Fälle länger als zwei Wochen,einmal sogar zwölf Wochen, durchgeführt. Die Extensionsgewichte ließen sich nicht eruieren.

Tab. 5 Beziehung „ Bruchart - konservative Frakturbehandlung "
(n = 39)

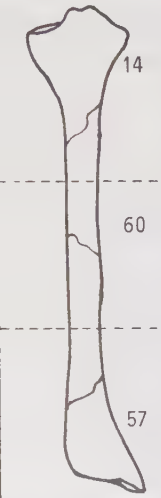
Bruchart	Frakturbehandlung konservativ	% der einzelnen Brucharten
Querbrüche	10	44
Schrägbrüche	10	48
Biegungsbrüche	2	29
Trümmerbrüche	9	18
Torsionsbrüche	3	21
Segmentbrüche	1	14
ohne Angaben	4	(27)

Tab. 6 Dauer der Extensionsbehandlung

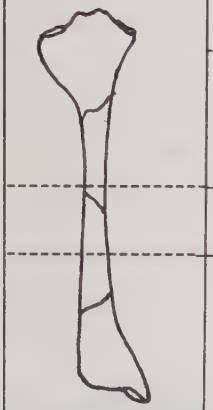
> 3 Tage	2 mal	- 2 Wochen	5 mal
> 6 Tage	1 mal	länger	15 mal
>10 Tage	7 mal	ohne Angabe	13 mal

An erster Stelle steht bei der operativen Frakturbehandlung die Plattenosteosynthese mit 56 % , die auch 20 mal bei Frakturen im mittleren Schaftdrittel verwendet wurde. Mit großem Abstand folgt die Marknagelung (24 %) . Auffallend ist, daß die Marknagelung bei 22 % der offenen Frakturen und nur bei 13 % der geschlossenen Frakturen angewandt wurde. Der Fixateur externe wurde nur bei 6 offenen Frakturen eingesetzt. Eine zusätzliche Spongiosaanlagerung erfolgte ebenfalls nur bei drei der offenen Frakturen. Die übrigen zwölf operativen Methoden teilen sich auf in 5 mal Cerclagen, einmal Einbringen einer Schraube, dreimal Rushpin, einmal ein Spreiznagel und einmal Bündelnägel. Ein Verfahren blieb unbekannt.

Tab. 7 Bruchort und Frakturbehandlung (wesentliche Verfahren , n = 119)

Bruchort	Plattenosteosynthese						Marknagelung						rein konservativ					
	offen	%	geschlossen	%	gesamt	%	offen	%	geschlossen	%	gesamt	%	offen	%	geschlossen	%	gesamt	%
 14	1	1	2	3	3	2	-	-	1	1	1	1	3	4	6	9	9	7
60	9	13	11	16	20	15	10	15	5	7	15	11	6	9	8	12	14	10
57	13	19	17	25	3o	22	3	4	4	6	7	5	8	12	8	12	16	12
insgesamt	23	34	30	44	53	39	13	19	10	15	23	17	17	25	22	32	39	29
ohne Angabe					2						2							

Tab. 7 a Bruchort und sekundäre operative Frakturbehandlung(wesentliche Verfahren , n = 18)

Bruchort	davon als sekundäre operative Frakturbehandlung (Platte)						davon als sekundäre operative Frakturbehandlung (Marknagel)					
	offen	%	geschlossen	%	gesamt	%	offen	%	geschlossen	%	gesamt	%
	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	1	2	3	3	2	6	9	1	1	7	5
	1	1	4	6	5	4	2	3	1	1	3	2
	2	3	6	9	8	6	8	12	2	3	10	7

Ursachen und Entstehungszeiträume der Pseudarthrosen

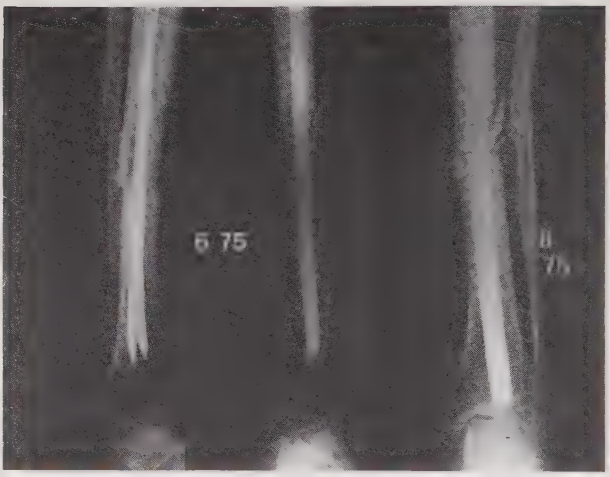
Ursachen

Tab. 8 Ursachen der Pseudarthrosen (n = 137)

Instabilität .... davon:	116 mal
technisch fehlerhafte Osteosynthese	77 mal
.... mit Implantatbruch	14 mal
... nach konservativer Behandlung	39 mal
vorzeitige Metallentfernung	2 mal
Infekt	5 mal
zu frühe Belastung	1 mal
Schwere des Traumas	1 mal
Spongiosa wäre erforderlich gewesen	9 mal
.... davon wegen Defekt	3 mal

Unter die Rubrik „technisch fehlerhafte Osteosynthese " fällt beispielsweise eine zu schmale Platte, ein zu kurzer oder zu dünner Marknagel, eine trotz der Osteosynthese verbliebene Distraktion der Fragmente oder eine für den Unterschenkel ungeeignete Osteosynthesemethode. Foto: s.Abb. 10 (S.38).

Abb. 10: Patient H.Sch., 32 Jahre.



Trümmerfraktur mittleres Drittel.Extension und Gips,sekundär Spreiznagel und Gips .

a b

Verzögerte Bruchheilung : a. Marknagel: b,c.

c.Freie Gelenkbeweglichkeit, kein Beinlängenunterschied, leichter Valgus, MdE 10 % .

Alle 5 aufgetretenen Infektionen ereigneten sich nach Plattenosteosynthesen; 3 dieser Frakturen waren offen.

Entstehungszeiträume

Tab. 9 Entstehungszeiträume der verzögerten Heilung bzw. Pseudarthrosen, bezogen auf den Unfallzeitpunkt

- 2 Mon.	9	7%
- 4 Mon.	38	28%
- 6 Mon.	30	22%
- 8 Mon.	17	12%
- 10 Mon.	7	5%
- 12 Mon.	9	7%
- 15 Mon.	8	6%
- 18 Mon.	6	4%
- 24 Mon.	11	8%
länger	2	

Gegenstand dieser Untersuchung sind auch solche Fälle, bei denen schon 3 Monate nach dem Unfall eine Entwicklung zur verzögerten Bruchheilung hin erkennbar war und bei denen deshalb eine stabile Osteosynthese notwendig wurde. Solche Fälle werden im folgenden " nicht heilende Fraktur" genannt.

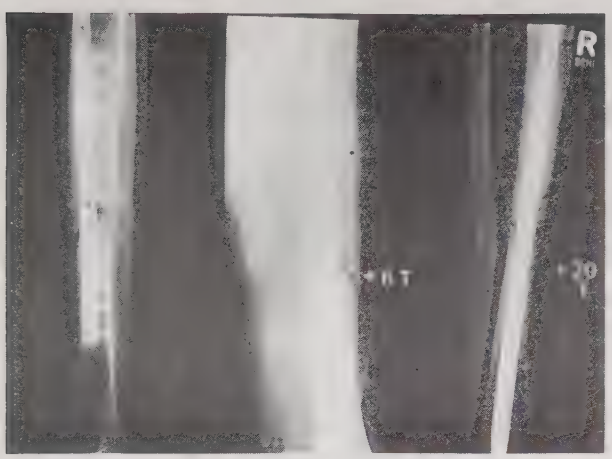
Der Begriff „verzögerte Bruchheilung " wurde auf diejenigen Fälle angewandt, die vier bis sechs Monate nach dem Unfall im Röntgenbild keine Anzeichen einer beginnenden knöchernen Heilung erkennen ließen.
Waren mehr als sechs Monate seit dem Unfall vergangen, ohne daß eine Verknöcherung im Röntgenbild sichtbar geworden wäre, sprechen wir von „ Pseudarthrosen " .
Foto: s.Abb. 11 (S. 41)

Es waren 9 Fälle (7 %) der Gruppe „nicht heilende Fraktur ",
68 Fälle (50 %) der Gruppe „verzögerte Bruchheilung " und
60 Fälle (44 %) der Gruppe „Pseudarthrose" zuzuordnen. Der durchschnittliche Entstehungszeitraum betrug 8 Monate. In zwei Fällen waren seit dem Unfall mehr als zwei Jahre verstrichen, bis die Diagnose „Pseudarthrose" gestellt wurde, nämlich 27 Monate und 63 Monate.
Bei getrennter Betrachtung ehemals offener und geschlossener Frakturen ergab sich keine voneinander abweichende Verteilung der Entstehungszeiträume.

Pseudarthrosetypen

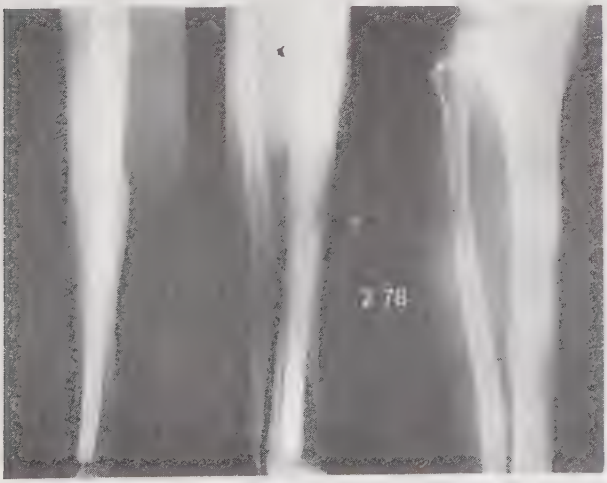
92 Pseudarthrosen (67 %) waren vom hypertrophen Typ und 34 (25 %) vom oligotrophen Typ. Bei einer getrennten Betrachtung ehemals offener und geschlossener Frakturen ergab sich kein Unterschied in ihrer Verteilung auf diese beiden Pseudarthrosetypen.Sieben Pseudarthrosen (5 %) waren Defektpseudarthrosen,davon waren sechs ehemals offene Frakturen.

Abb. 11: Patient T.M., 41 Jahre.



a b c

Trümmerfraktur mittleres Drittel,Extension und Gips, dann 2 Platten.Auswärtige Vorbehandlung der Pseudarthrose: :Entfernung einer Platte,Dekortikation und Spongiosa.Hypertrophe Pseudarthrose: a. Marknagel : b, c, d. Nach Metallentfernung: e.



Freie Gelenkbeweglichkeit, Beinverkürzung 2 cm. MdE 10 %.

Komplikationen während der Pseudarthroseentwicklung

Tab. 10 Komplikationen während der Pseudarthroseentwicklung

Peroneusparese	8	6%
Fehlstellungen	53	39%
Varus	23	17%
Valgus	19	14%
Rekurvation	3	2%
Antekurvation	3	2%
Drehfehler	8	6%
ohne nähere Angaben	2	
Sonstige	6	4%

Bei den ehemals offenen Frakturen lag zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik 8 mal eine Peroneusparese vor, bei den ehemals geschlossenen in keinem Fall.
Fehlstellungen, deren Art und Verteilung Tab.10 zu entnehmen ist,wiesen 53 Tibiae (39 %) auf. Sonstige Komplikationen,wie z.B. „Beugekontraktur des Kniegelenkes" , „Verkürzung und Verschiebung " , „fehlende Hautdeckung", waren sechs mal gegeben.

Behandlung der Pseudarthrose

a) Pseudarthrosen ohne auswärtige Vorbehandlung

1. Platte: Mit einer Plattenosteosynthese wurden 26 Männer und 11 Frauen, zusammen 37 Patienten (27 %) versorgt; 20 mal lag eine ehemals offene Fraktur vor.

2. Marknagelung: Eine Marknagelung wurde bei 68 Patienten, 52 Männern und 16 Frauen , durchgeführt.

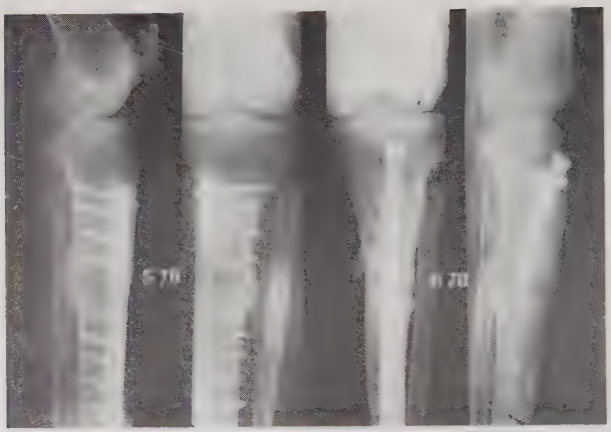
Im einzelnen sind dies:

36 ehemals offene Frakturen,
18 von insgesamt 20 im mittleren Schaftdrittel gelegenen,als Fraktur mit einer Platte stabilisierten Pseudarthrosen ,
5 Marknägel mit Kortikalisschraube durch die obere Nagelöse,
14 Marknägel mit Ausklinkdrähten,
28 dem mittleren Schaftdrittel zugerechnete Randfälle am Übergang zum mittleren Schaftdrittel, die einen Marknagel ohne Ausklinkdrähte bzw. Schraube erhielten, desgleichen
4 dem proximalen bzw. distalen Schaftdrittel zugehörige und dort aufgeführte Pseudarthrosen.

Foto: s. Abb. 12 (S. 44) , s.Abb. 13 (S. 45)

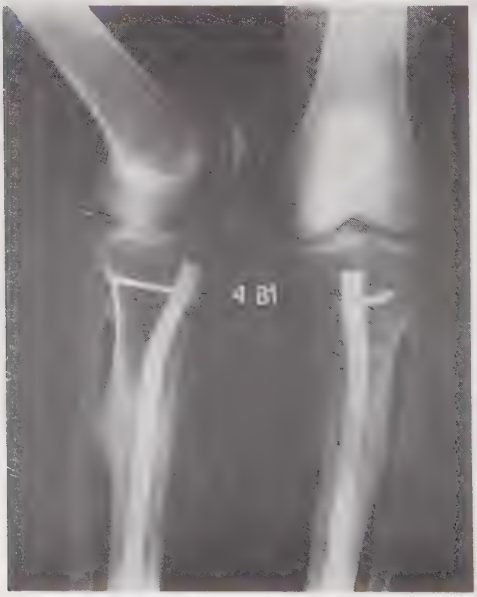
3. Fixateur externe:
Drei männliche Patienten wurden mit dem Fixateur externe behandelt; zwei der zugehörigen Frakturen waren ehemals offen. Die Frakturbehandlung war konservativ; die Extension dauerte einmal 10, das andere Mal 40 Tage. Einmal wurde keine Extension angelegt.

Abb. 12: Patient M.Sch., 59 Jahre.



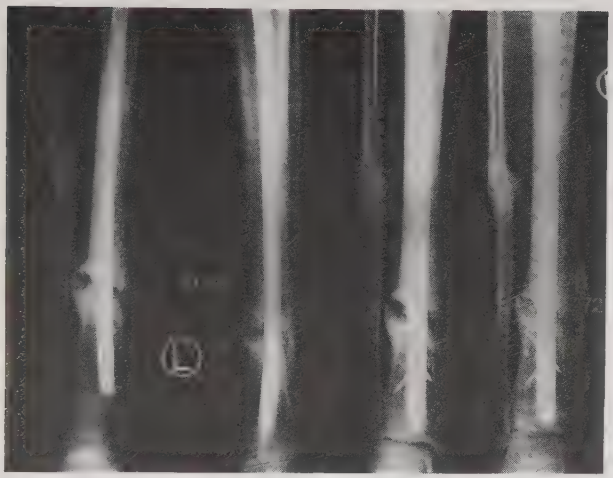
a b

Offene Trümmerfraktur proximales/mittleres Drittel, Plattenosteosynthese. Pseudarthrose : a.Marknagel mit Schraube : b, c.



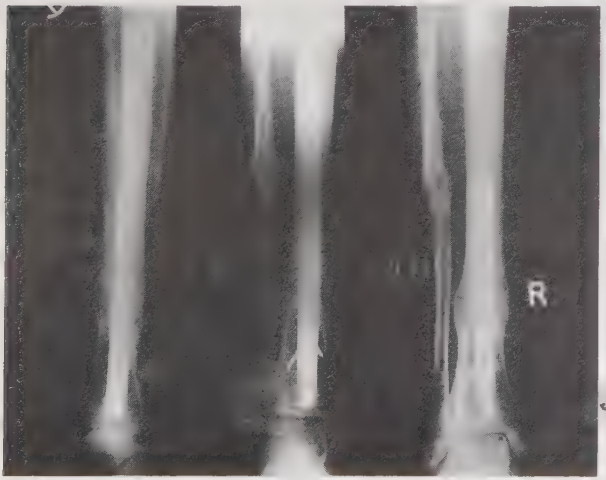
c. Oberes Sprunggelenk 10 Grad Einschränkung, Verkürzung 1,5 cm,Varus 8 Grad, MdE 20 %.

Abb. 13 : Patient K.Z., 38 Jahre.



a b

Offene Torsionsfraktur mittleres/distales Drittel, Marknagel.Pseudarthrose : a.Marknagel mit Ausklinkdrähten: b,c,d.



c d

Freie Gelenkbeweglichkeit, kein Beinlängenunterschied, MdE 10 % .

4. Verfahrenswechsel von einer zur anderen Osteosynthesemethode

Die in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik gewählte Osteosynthesemethode brachte bei 46 Fällen (34 %) einen Verfahrenswechsel gegenüber der Behandlungsmethode bei der Frakturbehandlung mit sich. Es wird in diesem Zusammenhang auch ein Wechsel von einem Marknagel zu einem Marknagel mit Ausklinkdrähten bzw. Kortikalisschraube durch die obere Nagelöse als Verfahrenswechsel betrachtet.Der Verfahrenswechsel hatte stets eine verbesserte Stabilität zum Ziel.

5. Spongiosatransplantation

Eine autologe Spongiosatransplantation wurde bei 29 Patienten (21 %) durchgeführt, eine homologe bei 8 Patienten (6 %). Insgesamt fünf mal war die Spongiosatransplantation die einzige operative Maßnahme.
Dekortiziert wurde elf mal. Eine Fibulaosteotomie als zusätzliche Maßnahme erfolgte acht mal. Soweit erforderlich, wurde eine Korrektur der Fehlstellung vorgenommen.

6. Sonstige Verfahren

Bei einem Patienten wurde eine Drahtcerclage entfernt, bei einem anderen ein Schraubenwechsel an der Platte durchgeführt.

7. Komplikationen

Bei den 115 operativ behandelten Tibiaschaftpseudarthrosen dieser Gruppe ereigneten sich eine allgemeine Komplikation(Thrombophlebitis) sowie 24 lokale Komplikationen. Unter letzteren waren vier Knocheninfekte. Dies bedeutet eine Infektionsrate von 3 % .

Tab. 11

Komplikationen bei ehemals geschlossenen und ehemals offenen Frakturen

Weichteilinfektionen	1	1
Dislokation	1	-
Peroneusparese	1 (reversibel)	1
Fibularisparese	-	1
Fadengranulom	-	1
Thrombophlebitis	-	1
Osteomyelitis	1	3
Hämatom bzw. Serom	insgesamt 5	

8. Pseudarthrosen, die zur Ausheilung zwei bzw. drei operative Eingriffe erforderten

Zwei Patientinnen und vier Patienten mußten zwei mal, ein Patient drei mal operiert werden.

Tab. 12 Solche Fälle von Pseudarthrosen, die zur Ausheilung zweier oder dreier operativer Eingriffe bedurften

Frakturbehandlung	ohne Erfolg wegen	Pseudarthrosebehandlung BG	2.Eingriff wegen	2.Eingriff, 3.Eingriff
Platte	fehlender Spongiosa	Spongiosa (Tibia)	Defektpseudarthrose	Spongiosa (Fibula)
Platte	Instabilität	Platte + Spongiosa	Plattenbruch	Platte, Spongiosa
Fixateur externe	Instabilität	Marknagel	Infekt	Spongiosa(Übergang 7 Monate lang Apparat)
Extension,dann Fixateur externe	Schwere des Traumas,subtotale Amputation	Marknagel mit Ausklinkdrähten	Rotationsinstabilität	Platte zur Rotationsstabilisierung zusätzlich
Platte	Instabilität	Platte entfernt	(zweizeitig wegen Reizung)	Marknagel
Platte	Instabilität	(Hauttransplantation)	Defektpseudarthrose	Marknagel mit Ausklinkdrähten, Spongiosa
Gips	Instabilität	Platte	Infekt	2.Fixateur externe 3.Hämatomausräumung

8 b) Konservative Behandlung der Pseudarthrose

Tab. 13 (s. Seite 50)

13 Patienten mußten vor der operativen Behandlung wegen einer Dystrophie zunächst konservativ behandelt werden. Darunter waren 7 Patienten, deren Fraktur rein konservativ, 2 Patienten, deren Fraktur zunächst konservativ,dann operativ behandelt und 4 Patienten, deren Fraktur sofort operiert worden war.
Die Maßnahmen der Dystrophiebehandlung umfassten Gehschule, Krankengymnastik, physikalische Therapie und Ergotherapie.

Bei insgesamt 4 Pseudarthrosen war eine rein konservative Behandlung im Sinne einer Dystrophiebehandlung zur Erzielung eines knöchernen Durchbaus ausreichend . Foto: s.Abb. 14 (s. Seite 51)
Eine 7o-jährige Patientin erhielt einen Schienenschellenapparat, weil sie nicht operationsfähig war. Diese Pseudarthrose war die einzige, die nicht ausheilte.

8 c) Auswärts anbehandelte Pseudarthrosen

Tab. 14 (s. Seite 52 und Seite 53)

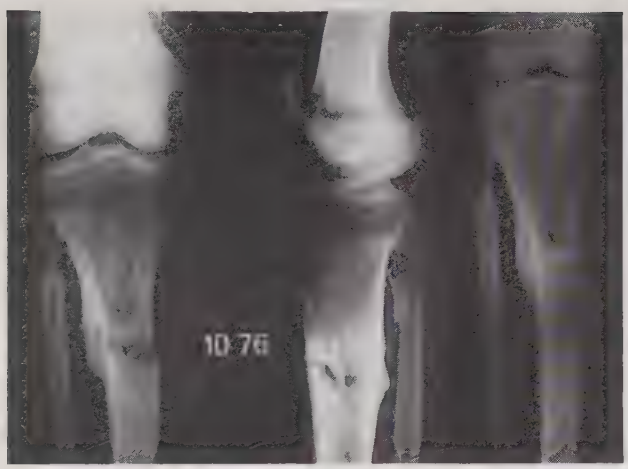
13 Patienten und 4 Patientinnen waren auswärts anbehandelt worden. Dabei waren der Pseudarthrosebehandlung in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik 15 mal eine Voroperation und 2 mal zwei Voroperationen vorausgegangen.

Tab. 13 Pseudarthrosen, die ohne eine operative Therapie ausheilten

Frakturtyp	Ort	Frakturbehandlung	Pseudarthrosentyp	Funktionelles Ergebnis, Bewegungseinschränkung angrenzender Gelenke, gegebenenfalls MDE.
Querfraktur **	proximal	Gips für 7 Monate	oligotroph	Oberes Sprunggelenk 10 ° Einschränkung
Torsionsfraktur	distal	Platte, Plattenbruch 2. Platte, zusätzlich Gips	oligotroph	Oberes Sprunggelenk 10° Einschränkung, MDE 10 %
Segmentfraktur	proximal und mittleres Drittel	Marknagel	hypertroph	Oberes Sprunggelenk 10 ° Einschränkung, Kniegelenk mehr als 10° Einschränkung, MDE 30 %
Segmentfraktur	proximal und distal	Extension, Platte, Infekt, Gips	hypertroph	Oberes Sprunggelenk mehr als 10 ° Einschränkung, MDE 20 %

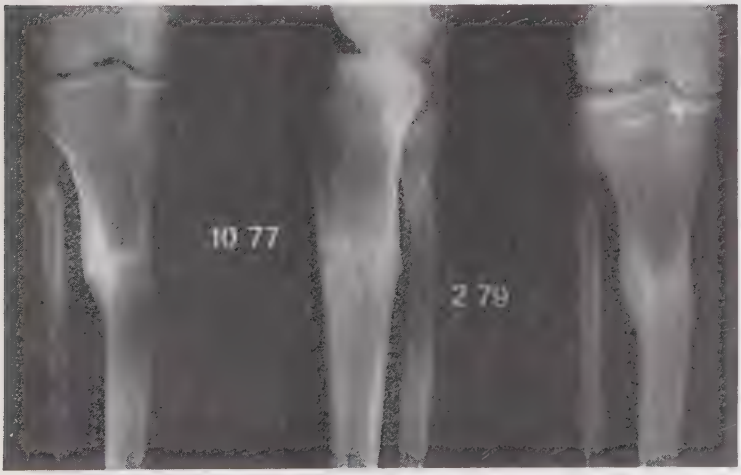
** Röntgenbilddokumentation s.S. 51 Patientin Z.W., 19 Jahre

Abb. 14: Patientin Z.W., 19 Jahre.



a b

Geschlossene Querfraktur proximales Drittel,Gips.
Pseudarthrose: a.Gipsschale,Krankengymnastik,Gehschule.
Kontrolle nach 1 Jahr: fortschreitender Durchbau: b.



b c

Kontrolle nach weiteren 14 Monaten: fest: c.Oberes
Sprunggelenk 15 Grad Einschränkung,Kniegelenk frei,
Kein Beinlängenunterschied.

Tab. 14 Vorbehandelte Pseudarthrosen, Teil 1

Frakturbehandlung	ohne Erfolg wegen	Vorbehandung der Pseudarthrose	ohne Erfolg wegen	Pseudarthrosebehandlung BG
Platte	fehlende Spongiosa ?	Spongiosa	Instabilität	Marknagel
2 Platten	Materialbruch nach 4 Monaten	Platte,Spongiosa Dekortikation, zusätzlich Gips	nach 2 Jahren ME: Refraktur	Platte,Spongiosa, Dekortikation
10 Wochen lang Gips	Instabilität	Rushpin	Instabilität	Marknagel
5 Wochen Extension, 4 Monate Gips	Instabilität Extension zu lang?	Fibulaosteotomie	Instabilität	Marknagel,Spongiosa
Platte	Materialbruch	Marknagel	Materialbruch	1.Marknagel,Nagelbruch 2.Platte,Fibulaosteotomie.
3 Wochen Extension Gips	Instabilität	Fibulaosteotomie	Instabilität	Marknagel mit Ausklinkdrähten
Marknagel	Nagel zu dünn	Fibulaosteotomie	Instabilität	Marknagel
Platte	Infekt nach 5 Monaten (offene Fraktur)	Fixateur externe	Defekt	Fixateur externe, Spongiosa,Fibula-pro-Tibia-Operation
11 Wochen Extension 7 Wochen Gips	Instabilität Extension zu lange ?	Marknagel	Instabilität	Platte

Tab. 14 Vorbehandelte Pseudarthrosen , Teil 2

Frakturbehandlung	ohne Erfolg wegen	Vorbehandlung der Pseudarthrose	ohne Erfolg wegen	Pseudarthrosebehandlung BG
Cerclage	Instabilität	Platte	nach ME Fistelung, Spontanfraktur	Marknagel
Platte	Schrauben-bruch	Marknagel	Refraktur nach ME	Marknagel
Marknagel	Instabili-tät	Fibulaosteotomie	Instabilität	2 Platten,Spongiosa
Platte	Material-bruch	1.Platte,ME 2.Autol.Span+Gips 3.Apparat	1.Refraktur 2.Instabilität	Marknagel
Platte	Distraktion	1.Metallentfernung 2.Fibulaosteotomie	Instabilität	Marknagel mit Ausklink-drähten
Platte	fehlende Spongiosa	Platte,Spongiosa	Instabilität	Platte,Spongiosa
Extension, 2 Platten	fehlende Spongiosa	Entfernung einer Platte,Dekorti-kation,Spongiosa	Instabilität	Marknagel
Extension,Platte	Instabilität	Schrauben nachge-zogen	Instabilität	Marknagel

Gegenüber der Frakturbehandlung bzw. der vorausgegangenen Pseudarthrosebehandlung wurde in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik 8 mal ein Verfahrenswechsel von einer zur anderen Osteosynthesemethode durchgeführt .

Insgesamt kamen zur Anwendung:

11 Marknägel, darunter 2 mit Ausklinkdrähten,
5 Platten,
1 Fixateur externe mit gleichzeitiger Fibula-pro-Tibia-Operation als zusätzliche Maßnahme,
4 mal autologe Spongiosa,
2 mal homologe Spongiosa,
1 mal eine Dekortikation und
1 mal eine Fibulaosteotomie.

Wo es erforderlich war,erfolgte eine Korrektur der Fehlstellung.

Komplikationen:

Bei den 17 auswärts anbehandelten Pseudarthrosen ereigneten sich keine allgemeinen Komplikationen. Örtliche Komplikationen traten drei mal auf, darunter kein Infekt:
eine interkurrente Peroneusparese bei einer ehemals geschlossenen Fraktur,
ein Fadengranulom bei einer ehemals offenen Fraktur und
ein zweiter Nagelbruch ,ebenalls bei einer ehemals offenen Fraktur.
Bei diesem Patienten wurde als einzigem in dieser Gruppe ein zweiter Eingriff zur Ausheilung der Pseudarthrose erforderlich.

s. Tab.12, Seite 48

Besonderheiten bei Pseudarthrosen im Kindesalter (ohne Kongenitale Pseudarthrosen)

In der Altersgruppe bis 15 Jahre fanden sich zwei Mädchen und 3 Jungen. Es lagen zwei Sportunfälle und 3 Zweiradunfälle vor ; unter den letzteren waren zwei offene Frakturen.

s. Abb. 15 , S. 56

Tab. 15 (s.Seite 57)

Besonderheiten bei Pseudarthrosen nach Segmentfrakturen

Tab. 16 (s. Seite 59)

Es soll gesondert auf die Behandlung der Pseudarthrosen nach Segmentfrakturen,die besonders schwierig ist, eingegangen werden. Es handelt sich um 6 Patienten und eine Patientin.

s.Abb. 16 ,S. 58

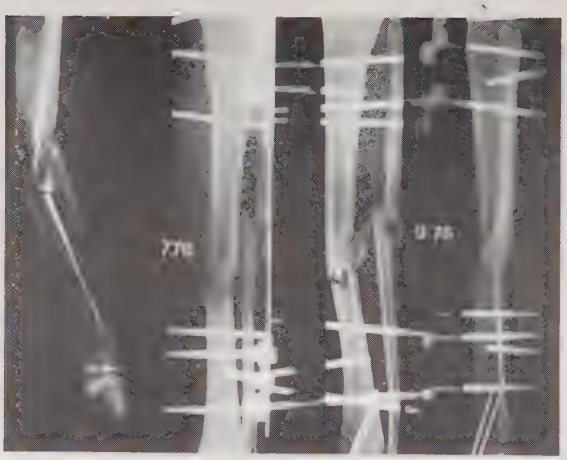
Tab. 17 (s. Seite 60 u. 61)

Zeitraum bis zur vollen Belastbarkeit der Extremität

Die volle Belastungsfähigkeit war im Anschluß an die Marknagel-osteosynthese nach durchschnittlich 4 Wochen erreicht, bei Platten-osteosynthesen nach 11 Wochen. Beim Fixateur externe (vier Patienten) dauerte es bis zur Vollbelastung zwischen 16 und 25 Wochen.

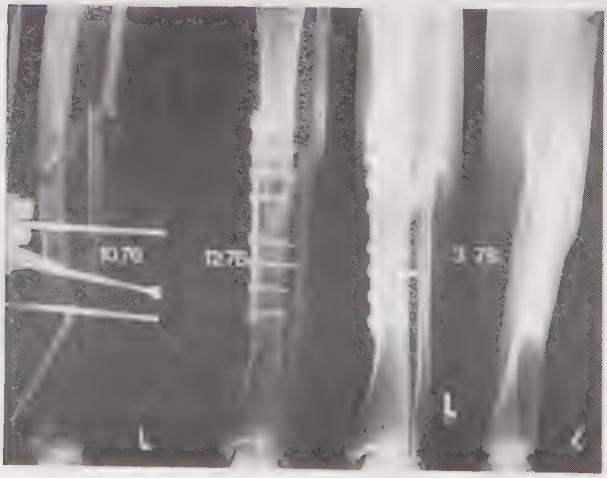
Tab. 18 (s. Seite 62)

Abb. 15: Patientin S.F., 15 Jahre.



a b c

Offene Trümmerfraktur mittleres Drittel:a.Fixateur externe :b.Verzögert heilende Fraktur : c,d,e.



e f g

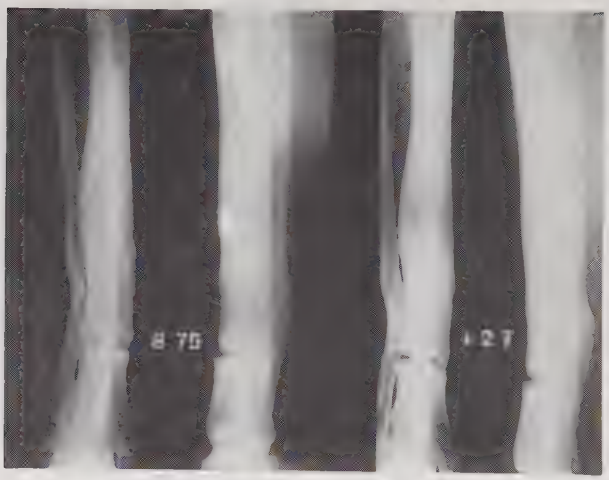
Platte und autologe Spongiosa: f,g. Freie Gelenkbeweglichkeit,kein Beinlängenunterschied.

Tab. 15 Pseudarthrosen im Kindesalter

Frakturtyp	Ort	Frakturbehandlung	Pseudarthrose-behandlung	Alter	Funktionelles Ergebnis Einschränkung der Gelenk-beweglichkeit,evtl.MDE
Trümmerfraktur offen ***	mittleres Drittel	Fixateur externe	Platte und Spongiosa	15	freie Beweglichkeit
Schrägfraktur, vorausgegangen: 3 Infraktionen	distal	Marknagel für 7 Monate und Fibularesektion	Platte	9	Beinverkürzung 2 cm, MDE 20 %
Torsionsfraktur	distal	Cerclage	Platte und Gips	10	freie Beweglichkeit
ohne Angabe	mittleres Drittel	Cerclage	Platte	11	freie Beweglichkeit
offen;	mittleres/ distales Drittel	1.Platte,Infekt. 2.Fixateur externe. 3.Oberschenkelliegegips	Fixateur externe, Fibula-pro-Tibia-Operation	12	oberes Sprunggelenk 10° Einschränkung,Beinverlängerung 1 cm, MDE 20 %

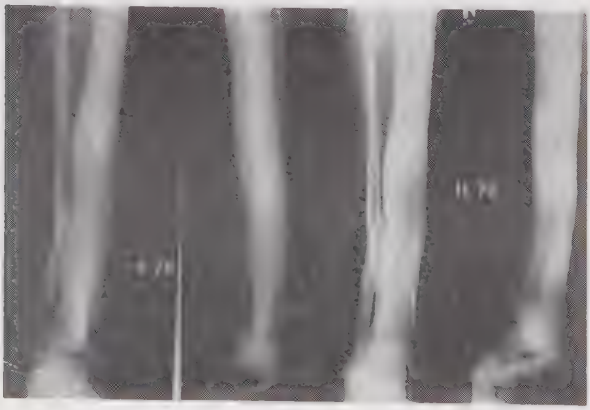
*** Röntgenbilddokumentation, Patientin S.F., 15 Jahre (s.S.56)

Abb. 16 : Patient J.T., 24 Jahre.



a b

Offene Segmentfraktur mittleres und distales Drittel. Extension und Gips,sekundär Marknagel.Pseudarthrose im distalen Drittel: a. Marknagel mit Ausklinkdrähten: b,c.



c d

Nach Metallentfernung: d. Oberes Sprunggelenk 10 Grad Einschränkung , Beinverkürzung 2 cm, MdE 20 %.

Tab. 16 Pseudarthrosen nach Segmentfrakturen *** Röntgenbilddokumentation S.58 Patient J.T, 24 Jahre

Frakturtyp	Ort	Frakturbehandlung	Pseudarthrosebehandlung	Funktionelles Ergebnis, Einschränkung der Gelenkbeweglichkeit,evtl. MDE
offen	proximal, distal	Platte	Spongiosa zur Defektauffüllung	freie Beweglichkeit
offen	ohne Angabe	Extension	Platte und Spongiosa	Oberes Sprunggelenk Einschränkung 10°,Kniegelenk Einschränkung mehr als 10°,Beinverkürzung bis 3 cm,MDE 40%
offen ***	mittleres, distales Drittel	1.Extension 2.Marknagel	Marknagel mit Ausklinkdrähten	Oberes Sprunggelenk Einschränkung 1o°,Beinverkürzung 2 cm, MDE 20%
geschlossen	proximal, mittleres Drittel	Rushpin und Gips	Marknagel	Oberes Sprunggelenk Einschränkung mehr als 10°,Kniegelenk Einschränkung mehr als 10°, MDE 20%
offen	mittleres distales Drittel	Rushpin	1.Platte 2.Spongiosa und Dekortikation	Oberes Sprunggelenk Einschränkung mehr als 10°,Beinverkürzung 2 cm, MDE 10%
offen	proximal, distales Drittel	1.Extension 2.Platte,Infekt 3.Gips	rein konservativ: Dystrophiebehandlung	Oberes Sprunggelenk Einschränkung mehr als 10° , MDE 20 %
offen	proximal mittleres Drittel	Marknagel	rein konservativ: Dystrophiebehandlung	Oberes Sprunggelenk Einschränkung 10°,Kniegelenk Einschränkung mehr als 10°, MDE 30%.

Tab. 17 Übersicht über die Behandlung aller 137 Pseudarthrosen in der BG , Teil 1

Behandlungsart	Männer	Frauen	gesamt	%	davon ehemals offene Frakturen	% von diesen
Platte,davon	30	12	42	31	23	34
als Verfahrens-wechsel	9	5	14			
als Reosteosynthese	9	6	15			
nach konservativer Vorbehandlung	10	3	13			
Marknagel,davon	44	14	58	42	27	40
als Verfahrens-wechsel	23	7	30			
als Reosteo-synthese	12	5 **	17			
nach konservativer Vorbehandlung	9	2	11			
Marknagel mit Schraube ,davon	4	1	5	4	1	
als Verfahrens-wechsel	1	-	1			
als Reosteosynthese	-	-	-			
nach konservativer Vorbehandlung	3	1	4			
Marknagel mit Ausklinkdrähten	13	3	16	12	8	12
als Verfahrens-wechsel	7	-	7			
als Reosteosynthese	2	-	2			
nach konservativer Vorbehandlung	4	3	7			

Tab. 17 Übersicht über die Behandlung aller 137 Pseudarthrosen in der BG, Teil 2

Behandlungsart	Männer	Frauen	gesamt	%	davon ehemals offene Frakturen	% von diesen
Fixateur externe	3	-	3	2	3(alle)	4
(davon 1 mal mit Fibula-pro-Tibia-Operation)						
davon als Reosteosynthese	1	-	1			
nach konservativer Vorbehandlung	2	-	2			
operative Verfahrenswechsel insgesamt	41	12	53	39	24	35
autologe Spongiosa insgesamt	20	13	33	24	)	
homologe Spongiosa insgesamt	8			7	) 24	35
nur Spongiosa	2	3	5	4	3	4
Schraubenwechsel an Platte zusätzlich Gips	1	-	1			
Cerclage entfernt,Gips	1	-	1			
Fibulaosteotomie	7	2	9	7	5	7
Dekortikation	8	4	12	9		
nur konservative Behandlung (davon 1 Apparat auf Dauer)	3	2	5	4	-	

Tab. 18 Zeitraum bis zur Vollbelastung

- 10 Tage	4 mal (3 %)	- 6 Wochen	17 mal (12 %)
- 2 Wochen	16 mal (12%)	- 8 Wochen	14 mal (10 %)
- 3 Wochen	24 mal (18 %)	länger	25 mal (18 %)
- 4 Wochen	11 mal (8 %)	ohne Angabe	26 mal (19 %)

Metallentfernungen

Die durchschnittliche Verweildauer der Implantate betrug beim Fixateur externe 2,5 Monate, bei der Platte 18 Monate und beim Marknagel 21 Monate.

Beim Vergleich von ehemals offenen und geschlossenen Frakturen ergab sich kein Unterschied im Zeitpunkt der Metallentfernung. 54 Patienten (39 %) stellten sich nicht mehr in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik vor, so daß keine Aussage darüber gemacht werden kann, ob eine Metallentfernung noch nicht oder auswärts erfolgte.

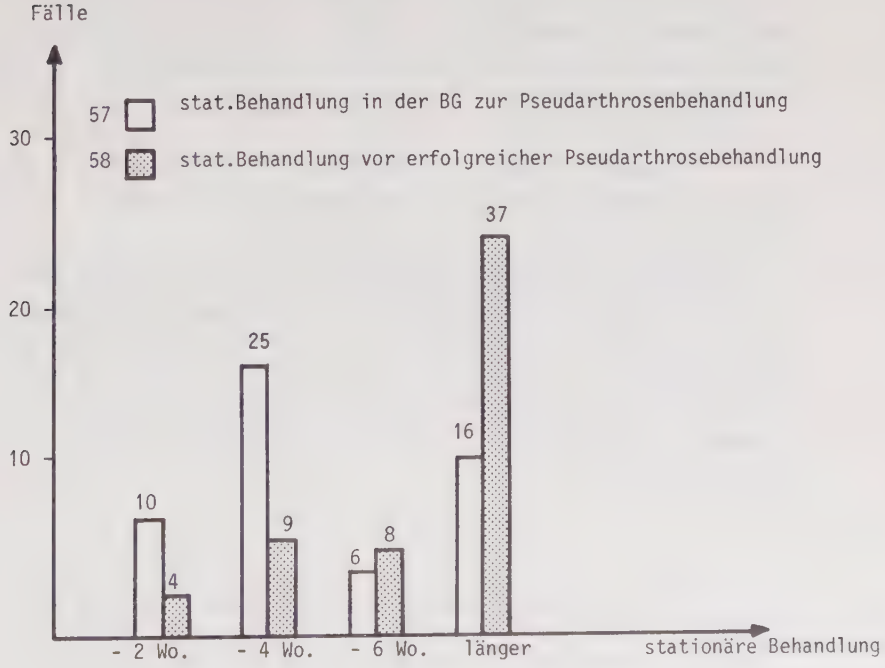
Tab. 19 Metallentfernungen nach dem Einsetzen (n = 134)

- 6 Mon.	5 mal (4 %)	- 18 Mon.	12 mal (9 %)
- 9 Mon.	4 mal (3 %)	- 24 Mon.	25 mal (19 %)
-12 Mon.	9 mal (7 %)	- länger	18 mal (14 %)
-15 Mon.	8 mal (6 %)	nicht im Haus	53 mal (40 %)

Vergleich der Behandlungszeiträume vor und zur erfolgreichen Pseudarthrosebehandlung

Um beide Behandlungszeiträume direkt miteinander vergleichen zu können, wurden alle Gruppen unserer Klinik, in die die Behandlungszeiträume aufgegliedert sind, um 58 % an Fällen reduziert, da die stationären Behandlungszeiträume vor der erfolgreichen Pseudarthrosebehandlung in 58 % der Fälle nicht dokumentiert sind.

Abb.17 Vergleich der stationären Behandlungszeiträume vor und zur erfolgreichen Pseudarthrosebehandlung in graphischer Darstellung.



Funktionelle Ergebnisse bei 136 ausgeheilten Tibiapseudarthrosen

a)Beschwerden

Es handelt sich hierbei um subjektive Angaben der Patienten, die nicht immer mit dem objektivierbaren Befund korrelierten. Beschwerdefrei waren 40 Patienten (29 %) ,davon bei ehemals offenen Frakturen 16 Patienten (24 % der offenen) und bei ehemals geschlossenen Frakturen 24 Patienten (35 % der geschlossenen). Beschwerden hatten 45 Patienten (33 %) ,davon bei ehemals offenen Frakturen 30 Patienten (44 % der offenen) und bei ehemals geschlossenen Frakturen 15 Patienten (22 % der geschlossenen). Keine Angaben zum Beschwerdebild fanden sich bei 52 Patienten (38 %).

Betrachtet man das Auftreten von Beschwerden in Abhängigkeit vom Bruchort,so ergibt sich:

Bruchort „proximales Drittel " : Beschwerden bei 6 Patienten von 14 (43 %),

Bruchort „mittleres Drittel " : Beschwerden bei 16 Patienten von 60 (27 %),

Bruchort „distales Drittel " : Beschwerden bei 21 Patienten von 57 (36 %).

Kein besonderer Zusammenhang ist erkennbar,wenn man das Auftreten von Beschwerden in Abhängigkeit von der Frakturbehandlung betrachtet.

b)Hilfsmittel

Einlagen trugen 54 Patienten (39 %), orthopädische Schuhe 8 männliche Patienten (6 %) , von diesen hatten 6 eine offene Fraktur gehabt.

Eine Gehhilfe verwendeten 7 Patienten (5 %) ; darunter waren 6 Patienten zwischen 60 und 70 Jahren und einer aus der Altersgruppe zwischen 50 und 60 Jahren ; 6 Patienten hatten eine ehemals offene Fraktur. Einen Schienenschellenapparat trugen 3 Patienten für eine verschieden lange Obergangszeit (längste: 7 Monate) sowie die bereits erwähnte 70-jährige nicht operationsfähige Patientin für dauernd.

c) Bewegungseinschränkung der angrenzenden Gelenke

Eine freie Beweglichkeit des oberen Sprunggelenks fand sich bei 60 Patienten (44 %) ,eine Gesamtbewegungseinschränkung um 5 bis 10 Grad bei 35 Patienten (26 %) und eine Gesamtbewegungseinschränkung um mehr als 10 Grad bei 28 Patienten (20 %) . Bei der letzten Gruppe ergab sich ein Unterschied zwischen ehemals offenen und geschlossenen Frakturen : offen 17 Patienten (25 % der offenen) , geschlossen 11 Patienten (16 % der geschlossenen).

Eine freie Beweglichkeit des Kniegelenkes war bei 96 Patienten (70 %) zu verzeichnen, eine Gesamtbewegungseinschränkung um 5 bis 10 Grad bei 10 Patienten (7 %) ,davon 7 mal bei ehemals offenen (10 % von diesen) und 3 mal bei ehemals geschlossenen Frakturen (4 % von diesen) . Eine Gesamtbewegungseinschränkung um mehr als 10 Grad bestand bei 13 Patienten (9 %) ,davon 8 mal bei ehemals offenen (12 % von diesen) und 5 mal bei ehemals geschlossenen Frakturen (7 % von diesen) .

d) Beinlängenunterschiede

Bei 62 Patienten (45 %) bestand kein Beinlängenunterschied, einen Beinlängenunterschied bis zu 2 cm wiesen 28 Patienten (20 %) auf. Zwischen ehemals offenen und geschlossenen Frakturen ergab sich kein Unterschied. 5 Patienten (4 %) hatten einen Beinlängenunterschied bis zu 3 cm und 1 Patient eine Beinlängendifferenz von 5,5 cm . Es handelte sich jeweils um ehemals offene Frakturen , zum Teil mit Defekten.
Ohne Angaben verblieben 41 Patienten.

e) Fehlstellungen

Keine Fehlstellung hatten 60 Patienten (44 %) .

Tab. 20

Varus < 6°	Valgus < 10°	Drehfehler < 15°	ohne Angabe
11 mal(8%)	4 mal(3%)	10 mal(7%)	44 mal(33%)

Eine Varusfehlstellung bis 1o Grad trat 3 mal auf, eine Valgusfehlstellung bis 15 Grad 2 mal, eine Antekurvation bis 1o Grad 2 mal, bis 15 Grad einmal und eine Außenrotationsfehlstellung bis 3o Grad einmal bei einer 61-jährigen Patientin,bei der die Diagnose " Pseudarthrose" 63 Monate nach dem Unfall gestellt worden war ; auf eine Korrektur wurde verzichtet.

f)Minderung der Erwerbsfähigkeit und Auswirkung des Unfalls auf die Möglichkeit der Weiterbeschäftigung im vor dem Unfall ausgeübten Beruf.

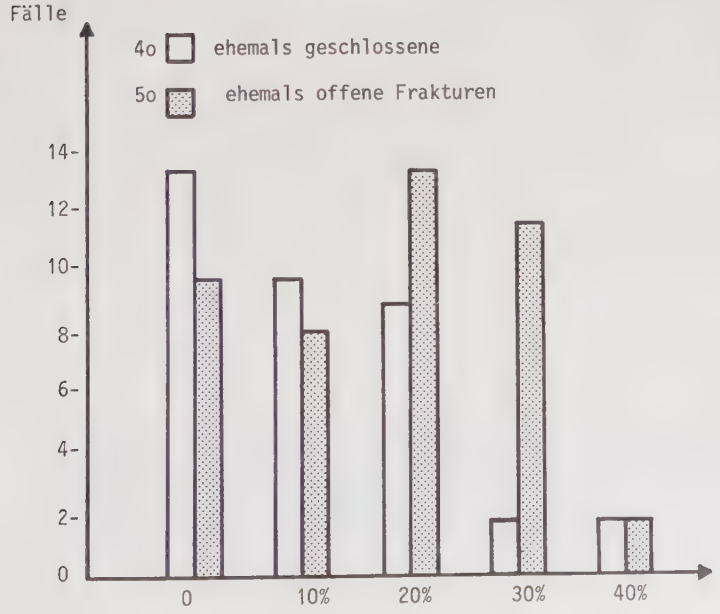
Minderung der Erwerbsfähigkeit

keine bei 26 Patienten (19 %)
bis 1o % bei 20 Patienten (15 %)
bis 20 % bei 25 Patienten (19 %)
bis 30 % bei 15 Patienten (11 %)
bis 40 % bei 4 Patienten (3 %).

Ohne Angaben verblieben 47 Patienten (34 %).

Im bis vor dem Unfall ausgeübten Beruf eingeschränkt weiterarbeiten konnten 12 Patienten(9 %),davon hatten 7 eine ehemals offene Fraktur.Bei den übrigen 125 Patienten stand entweder einer Weiterbeschäftigung im vor dem Unfall ausgeübten Beruf nichts im Wege oder sie erhielten bereits altershalber eine Rente.

Abb. 18 Vergleich ehemals offener und geschlossener Frakturen hinsichtlich der MDE



Tab. 21 Übersicht: Funktionelle Ergebnisse bei 136 ausgeheilten Tibiapseudarthrosen, Teil 1

	Männer	Frauen	gesamt	%	davon ehemals offene Frakturen	von diesen %
Beschwerdefrei	27	13	40	30	16	24
Beschwerden	38	7	45	33	30	45
ohne Angabe			51	38		
Einlagen	45	8	53	40		
Orthopäd. Schuhe	8	-	8	6	6	9
Gehhilfe	5	1	6	4	5	8
Apparat als Übergang	3	-	3	2		
Oberes Sprunggelenk frei	40	20	60	44		
Bewegungseinschränkung 5-1o°	31	3	34	25		
Bewegungseinschränkung mehr als 1o °	22	6	28	21	16	24
ohne Angabe			14	10		
Kniegelenk frei	70	25	95	70		
Bewegungseinschränkung insgesamt 5-10 °	9	1	10	7	7	11
Bewegungseinschränkung insgesamt mehr als 10°	11	2	13	10	8	12
ohne Angabe			18	13		

Tab. 21 Übersicht: Funktionelle Ergebnisse bei 136 ausgeheilten Tibiapseudarthrosen, Teil 2

	Männer	Frauen	gesamt	%	davon ehemals offene Frakturen	% von diesen
Beinlängen-unterschied: 0	46	16	62	46		
- 2 cm	24	4	28	21		
- 3 cm	4	1	5	4	alle 5	8
mehr als 3 cm	1	-	1	-		
ohne Angabe			40	30		
Fehlstellung: Keine	44	16	60	44		
Varus	10	3	13	9	)	
Valgus	5	1	6	4	)	
Drehfehler	9	2	11	7	) 17	26
Sonstige zusätzlich zu oben			2	2	)	
ohne Angabe			44	35		
MDE:Keine	15	11	26	19	11	17
10 %	15	5	20	15	9	14
20 %	21	4	25	19	15	23
30 %	15	-	15	11	13	20
40 %	4	-	4	3	2	3
ohne Angabe			46	34		
Weiterarbeit in bisherigem Beruf möglich	62	21	83	61		
eingeschränkt möglich	12	-	12	9	7	11
ohne Angabe			41	30		

III. DISKUSSION

Der Frakturbehandlung stehen heute zwei Wege offen: der klassische konservative und der operative Weg. Die modernen operativen Verfahren nehmen für sich in Anspruch, absolute Stabilität vermitteln zu können. Trotzdem erwies sich in 116 der 137 Fälle Instabilität als Ursache der Tibiapseudarthrose. 11 mal war eine ungeeignete Osteosynthese vorgenommen worden : 5 mal eine Drahtcerclage, die allenfalls zur Adaptation langer Torsionsbrüche geeignet ist, ohne zusätzlichen Gips jedoch nie ausreichend stabilisiert (SUND und TETZNER, 1976; WELLER und HOLZ, 1980) , 4 mal Rushpins, per se für den Unterschenkel ungeeignet, 1 mal ein Spreiznagel,der keine gute Alternative zum Marknagel mit Ausklinkdrähten darstellt und einmal eine Schraube,die für sich völlig unzureichend ist (PROBST ,1973) . 14 mal führte die Instabilität zu einem Implantatbruch. Nach HOLZ u.a. (1977) ist die Ursache von Implantatbrüchen überwiegend bei primären Fehlern bei der Osteosynthese zu suchen: dem klinischen Verlauf und dem Aspekt der Osteosynthese nach handelt es sich um Ermüdungs- oder Dauerbrüche ; ein Bagatelltrauma führt allenfalls zum Restbruch.

Entstehen nach Verplattung und Marknagelung , Osteosynthesen also, die die geforderte Stabilität vermitteln können, infolge Instabilität Pseudarthrosen, so muß die Indikation für das Implantat ,seine Handhabung und Dimensionierung kritisch betrachtet werden.

Die Hauptanwendungsbereiche der Platte sind das proximale und distale Schaftdrittel (SCHWEIBERER, KLAPP, CHEVALIER;1975) . Ideale Marknagelindikation ist das mittlere Schaftdrittel (HOLZ, 1976 ; KNAPP, WELLER 1976 ; PALLESEN, 1978);dennoch wurde dort 20 mal eine Platte zur Frakturbehandlung verwendet.

Der Anwendungsbereich des Marknagels kann bis ins proximale und distale Schaftdrittel hinein ausgedehnt werden, wenn die Rotationsinstabilität durch Schraube bzw. Ausklinkdrähte ausgeschaltet wird (BÄUERLE, 1976) . Trümmerfrakturen eignen sich für die Versorgung mit einem Marknagel, wenn sich die Trümmer anatomisch paßgerecht auffädeln lassen. Bei der Handhabung von Osteosynthesemethoden sollte darauf geachtet werden, daß nach der Osteosynthese keine Distraktion der Fragmente besteht - sie würde die erwünschte Kontaktheilung unmöglich machen - , daß die Stellung der Fragmente achsengerecht ist, daß den Regeln der Asepsis entsprochen wird und eine gute Weichteildeckung gegeben ist. Die Platte sollte eine ihrer Funktion entsprechende richtige Lage haben (z.B. als Zuggurtungsplatte nicht an der konkaven Knickung liegen) , weder zu kurz, zu schmal, zu lang noch zu auftragend sein, richtig sitzende Schrauben und eine ausreichende mediale Abstützung haben.
Zur primären operativen Behandlung offener Frakturen hat sich der Fixateur externe bewährt. Wegen der Infektionsgefahr sollten offene Frakturen vor einer Nagelung zuerst unter konservativer Behandlung in geschlossene überführt werden ; die Platte kann der Fixateur externe unter Umständen in ihrem Indikationsbereich ersetzen (alle Infektionen traten nach Plattenosteosynthese auf) . Zu beachten ist, daß eine Platte bis zum Durchbau der Fraktur zwar Übungsstabilität vermittelt, aber keine volle Belastung verträgt. Eine Nichtbeachtung dieser Tatsache führt nicht selten zum Bruch des Implantates . Kann der Patient sich nicht an die Empfehlungen, die für eine übungsstabile Osteosynthese gelten, halten, (z.B. Bauersfrau) , so sollte eine andere Osteosyntheseform oder eine konservative Behandlung erwogen werden. Beim Marknagel stellt sich dieses Problem nicht,es sei denn, er wäre zu dünn oder zu kurz.

Ist er zu lang, kann er die Gelenkfläche des oberen Sprunggelenkes beschädigen oder Beschwerden an der Einschlagstelle verursachen und so zur vorzeitigen Metallentfernung Anlaß geben. Nach SEQUIN und TEXHAMMAR (1980) sollte er in der festen Spongiosastruktur etwa 1 cm proximal des oberen Sprunggelenkes enden und o,5 cm in der Einschlagstelle versenkt sein.

Pseudarthrosen nach konservativer Frakturbehandlung sind insbesondere dann zu beobachten, wenn wiederholte Repositionsmanöver die erforderliche ununterbrochene Ruhigstellung unterbrechen oder zu lange oder mit zu großen Gewichten extendiert und dadurch eine der Heilung im Wege stehende Distraktion erzeugt wird (BÖHLER, 1933 ; FISCHER, MATZEN, BRUNS 1974) . JAHNA (1977) empfiehlt als Extensionsgewicht für den Unterschenkel 1 bis 2 kg. Pseudarthrosen werden allgemein nach konservativer Behandlung seltener gesehen als nach operativer (FRIEDRICH, KRONE , 1973 ; KNAPP, WELLER, 1976 ; SAUER, 1978) .

Mit weitem Abstand folgt eine fehlende Spongiosaanlagerung als Ursache für die Pseudarthrose : 12 mal, davon 3 mal bei einem Knochendefekt. Bei Defekten sollte eine Auffüllung mit Spongiosa möglichst schon im Rahmen der Frakturbehandlung erfolgen. Oft bedürfen auch Trümmerfrakturen einer Spongiosaanlagerung. Spätestens im Stadium der verzögerten Bruchheilung , wenn sich die oligotrophe Reaktionslage im Röntgenbild zeigt, ist eine Spongiosaplastik erforderlich. Vorzuziehen ist dabei autologe Spongiosa (siehe auch Allgemeiner Teil, S. 6 ff.) . Die Erfolge bei der ausnahmsweisen Verwendung homologer Spongiosa sprechen für die Qualität des Transplantatlagers. Erscheint aufgrund des Heilverlaufs bzw. des Operationsaspekts das Transplantatlager als ungünstig, können durch eine Dekortikation seine Vaskularität verbessert und der gleichzeitig transplantierten Spongiosa bessere Bedingungen geschaffen werden.

Zeichnet sich im Heilverlauf eine drohende verzögerte Bruchheilung oder eine Pseudarthrose ab oder kann eine bestehende Osteosynthese klar als insuffizient erkannt werden, ist eine operative Therapie bzw. Reintervention angezeigt, deren Ziel optimale Stabilität ist (TSCHERNE, OESTERN, 1973 ; PROBST 1973 ; PALLESEN , 1976 ; ADOLF, ADOLF, 1980) . Dies ist die Bedingung, unter der die Pseudarthrose zügig und mit Sicherheit ausheilt. Die Kriterien der Verfahrensauswahl sind hauptsächlich die bereits beschriebenen : Indikation und Dimension, Spongiosatransplantation bei oligotropher Reaktionslage oder Defektbildung , Weichteilverhältnisse, vorher angewandte Verfahren. So sollte wegen der Gefahr innerer und äußerer Devastierung nur ausnahmsweise vom Nagel auf die Platte gewechselt werden. Eine Fibulaosteotomie als alleinige Maßnahme reicht zur Pseudarthrosebehandlung meist nicht aus (BLAUTH , 1963) und vermindert die noch vorhandene Stabilität am Unterschenkel.

Zu den drei gesondert betrachteten Gruppen gehört die der verzögerten Bruchheilungen und Pseudarthrosen, die ohne eine operative Maßnahme ausheilten. Ein konservativer Behandlungsversuch erscheint gerechtfertigt, wenn die Beeinträchtigung durch Beschwerden und Gebrauchsminderung gering ist, die Fragmente achsengerecht stehen und eventuell schon eine hinreichend stabile Osteosynthese vorhanden ist. In diesem Fall ist eine Beobachtung des Heilverlaufs auch über einen längeren Zeitraum vertretbar (BÜHLER : „Festlaufen") . Zeigt sich eine fortschreitende Verknöcherung,kann man auf eine operative Therapie verzichten. Dies ist jedoch selten der Fall.

Die zweite gesondert betrachtete Gruppe sind Pseudarthrosen im Kindesalter. Vorausgegangen war in drei von fünf Fällen eine entweder mechanisch oder zeitlich unzureichende Ruhigstellung: 2 mal Cerclagen und 1 mal nach diversen Infraktionen für jeweils weniger als 4 Wochen Gips,der bei einem nachfolgenden kompletten Bruch durch einen Marknagel ersetzt wurde ; dieser wurde wegen Gelenkbeschwerden vorzeitig entfernt. Eine regelrechte konservative Frakturbehandlung hätte diese Pseudarthrosen wohl vermieden.
Bei den beiden Fällen nach offenen Trümmerfrakturen führte zum einen eine mit einer Spongiosatransplantation verbundene Plattenosteosynthese zum Durchbau, zum anderen machte eine inzwischen aseptische, nach primärer Plattenosteosynthese mit nachfolgendem Infekt entstandene Pseudarthrose eine Fibula-pro-Tibia-Operation erforderlich. Zwei mal wurde eine Pseudarthrose im mittleren Schaftdrittel verplattet, weil eine Marknagelung die eventuelle Verletzung der Wachstumsfuge hätte in Kauf nehmen müssen.

Die dritte gesondert aufgeführte Gruppe bilden die Pseudarthrosen nach Segmentfrakturen. Die besondere Schwierigkeit ihrer Behandlung liegt einmal darin, daß es unter Umständen bei diesem Pseudarthrosetyp eine ideale Indikation für ein Implantat nicht gibt (z.B. eine ehemalige Frakturlinie im proximalen , die andere im mittleren Schaftdrittel) ; auf größtmögliche Stabilität ist daher besonderer Wert zu legen. Zum anderen stellt das Segment eine Art großes „Trümmerstück" ohne eigene medulläre Gefäßversorgung dar. Der Einbau des Segments dauert entsprechend den Erkenntnissen über die angiogene Frakturheilung sehr lange und ist für diese gesamte Zeit auf absolute Stabilität angewiesen.

Das Zusammenwirken dieser beiden Faktoren, schlechte Ausgangslage zur Osteosynthese und von vorne herein schlechte Blutversorgung, der eine offene Reposition oder eine Plattenosteosynthese mit Devastierung der periostalen Gefäßversorgung noch Vorschub leistet, prädestiniert die Segmentfraktur zur Pseudarthrose.

In den meisten Fällen ist Instabilität die Ursache für das Entstehen der Pseudarthrose. Eine geeignete, nach den oben genannten Kriterien ausgewählte Osteosynthese führt in angemessener Zeit zur knöchernen Oberbrückung. Hingegen führt ein Zuwarten meist zu fortschreitender Inaktivitätsatrophie mit teilweise nicht wieder zu beseitigenden Folgeschäden und überläßt den Patienten einer von Beschwerden begleiteten Funktionsbeeinträchtigung der betroffenen Extremität.
Bei der operativen Behandlung von Unterschenkelbrüchen muß nach dieser Analyse das im Einzelfall geeignete Operationsverfahren differenziert ausgewählt und technisch einwandfrei ausgeführt werden, da die „ biologische Toleranz " gegenüber Instabilität und / oder Devastierung am Unterschenkel gering erscheint. Bei jedem geschlossenen Unterschenkelschaftbruch sollte primär sorgfältig abgewogen werden , ob nicht doch die konservative Therapie das bessere, weil risikoärmere,Verfahren darstellt.

IV. ZUSAMMENFASSUNG

1. Es wurden 137 Fälle aseptischer Pseudarthrose des Tibiaschafts nach 68 offenen und 69 geschlossenen Frakturen untersucht. Ein hoher Anteil waren Trümmerfrakturen (37 %).

2. Bei 98 Fällen erfolgte primär oder sekundär eine operative Frakturbehandlung . Am häufigsten wurde dabei die Plattenosteosynthese angewandt (56 %) . 39 mal wurde die Fraktur konservativ behandelt.

3. Verzögerte Bruchheilung und definitive Pseudarthrose werfen die gleichen therapeutischen Probleme auf. Durchschnittlich 8 Monate nach der Verletzung wurden die Patienten einer speziellen Behandlung zugeführt. Ein auswärtiger erfolgloser Eingriff zur Behandlung der Pseudarthrose erfolgte dabei 17 mal.

4. Die Ursache der Pseudarthrose war überwiegend eine Osteosynthese, die keine genügende Stabilisierung für eine ungestörte Bruchheilung garantierte (56 %). Bei 39 Fällen (28 %) war eine konservative Frakturbehandlung die Ursache der Pseudarthrose. Mit weitem Abstand folgt ursächlich eine fehlende Spongiosaanlagerung (9 %) .

5. Die Tibiapseudarthrose lag 14 mal im proximalen, 6o mal im mittleren und 57 mal im distalen Schaftdrittel.

6. Die Therapie bestand 79 mal in einer Marknagelung, 42 mal in einer Plattenosteosynthese und 4 mal in einer äußeren Stabilisierung (Fixateur externe) . Eine zusätzliche Spongiosaanlagerung erfolgte 37 mal, 5 mal war sie die alleinige operative Maßnahme. 4 mal führte eine konservative Behandlung zum Durchbau.

7. 136 Pseudarthrosen heilten knöchern fest aus, davon 1o8 komplikationslos nach adäquater Stabilisierung. Komplikationen traten 28 mal auf, darunter 4 Knocheninfekte (3 %) ; ein zweiter Eingriff war 7 mal erforderlich, ein dritter Eingriff 1 mal. Eine Patientin konnte nicht operiert werden; ihre Pseudarthrose bestand fort.

8. Die funktionellen Ergebnisse waren gut . 45 Patienten gaben Beschwerden an (33 %) . Einen Beinlängenunterschied über 2 cm hatten 6 Patienten. Nur 12 Patienten können in ihrem Beruf infolge des Unfalls nur noch eingeschränkt weiterarbeiten.

9. Diese Ergebnisse unterstützen die Auffassung, daß mit einer operativen Stabilisierung aseptischer Tibiapseudarthrosen bei geringer Komplikationsrate sehr gute Resultate zu erzielen sind.

V. LITERATUR

1. ADOLF, H.-P. und ADOLF, M.: Die Spätsekundärosteosynthese bei fehlverheilten und verzögert heilenden diaphysären Unterschenkelfrakturen. Zbl. Chir. 105 , 62-65 (1980)

2. ANSORGE, D., HINZE, M. : Indikation und Technik der Verriegelungsnagelung. Zbl. Chir. 102, 394-403 (1977)

3. ARRAS, C. : Zur Frage der Entstehungsursachen und Therapie der Pseudarthrosen langer Röhrenknochen. Inaug.Diss. Tübingen ,1964

4. BÄUERLE, E. : Offene und gedeckte Technik der Marknagelung. Akt.traumatol. 6 , 369-375 (1976)

5. BASSETT, C.A.L.: Current Concepts of Bone Formation. J.Bone Jt.Surg. 44 A, 1217 (1962) (nach 68) Müller, J.et al.)

6. BECK, A.: Die Behandlung der Pseudarthrosen mit der Knochenbohrung. Zbl. Chir. 58 , 28o2 (1931) (nach 13) Böhler ,L.)

7. BECK, H.: Versorgung von Schaftfrakturen durch Bündelnagelung. Chirurg 46 , 110-113 (1975)

8. BEDACHT, R. : Plattenosteosynthese bei posttraumatischer Pseudarthrose. Zbl. Chir. 101 , 1190-1197 (1976)

9. BEDACHT, R. HAUER, G.,LENSE,J.:Die verzögerte Frakturheilung und die Pseudarthrosebildung.
Chir.praxis 22 , 495-512 (1977)

10. BINDER, L.: Behandlung von Defekten an Röhrenknochen mit Hilfe von Druckplattenosteosynthese und Spongiosaplastik.
Inaug.Diss. Tübingen, 1976

11. BLAUTH, W.: Erkennung und Behandlung der Unterschenkel-pseudarthrosen.
Der Landarzt, 39 , H. 24 1034-1039 (1963)

12. BLAUTH, W.,v.TÖRNE,O.: Die Fibula-pro-Tibia-Fusion (Hahn-Brandes-Plastik) in der Behandlung von Knochendefekten der Tibia.
Z.Orthop. 116, 20-26 (1978)

13.BÖHLER, L. : Technik der Knochenbruchbehandlung.
Maudrich, Wien, 1933

14.BRANDES, M. : Zur Heilung größter Tibiadefekte.
Dtsch.Zschr.Chir. Bd. 155, 312-337 (1920)

15. BRUG,E., BECK,H., DETTENKOFER, K.:
Behandlungsergebnisse bei 334 Bündelnagelungen des Unterschenkels.
Chirurg 46 117-120 (1975)

16. BRUNS, P. : Die Lehre von den Knochenbrüchen.
F. Enke, Stuttgart , 1886

17. BURRI, C. WOLTER,D., COLDEWEY, J.:
Bone Transplantation for the Treatment of Pseudarthrosis.
Pseudarthroses and Their Treatment
8. International Symposium on Topical Problems in Orthopedic Surgery, Lucerne, Thieme, 1979 .

18. COMPERE, E.L., BANKS, S.W., BANKS, C.L.:
Frakturenbehandlung
Thieme, Stuttgart, 1966

19. DANIS, R. :
Théorie et pratique de L'ostéosynthèse
Masson, Paris, 1949 (nach 3o) Friedrich ,B.)

20. DÖRR, E. :
Ist unter Berücksichtigung der modernen Behandlungsmethoden der Pseudarthrosen des Unterschenkelschafts die Spanverpflanzung noch angezeigt ?
Inaug.Diss., München , 1968

21. DUNN, N.:
Treatment of Ununited Fractures.
Brit.Med.J., 2nd Vol, pp. 221-223 (1939)

22. ECKE, H. ,KYAMBI, J.:
Eine Möglichkeit der Behandlung von Defekten an langen Röhrenknochen.
Unfallchirurgie 1 , 23-26 (1975)

23. EITEL, F., SEILER,H. ,SCHWEIBERER, L. :
Vergleichende morphologische Untersuchungen zur Übertragbarkeit tierexperimenteller Ergebnisse auf den Regenerationsprozess des menschlichen Röhrenknochens.
Unfallheilkunde 84 , 255-264 (1981)

24. EVRARD, H., ARCQ, M. :
Osteotaxis bei Unterschenkelbrüchen.
Orthop.Praxis 11 , H.8, 596-605 (1975)

25. FASOL, P. :
Szintigraphische Untersuchungen der Frakturheilung und ihrer Komplikationen am Unterschenkel.
Unfallchirurgie 2 , 54-58 (1976)

26. FENGLER, A. : Infektpseudarthrosen des Tibiaschafts. Inaug.Diss, Tübingen , 1976

27. FISCHER, G. : Geschichte der Chirurgie vor 100 Jahren. Historische Studie über das 18. Jahrhundert aus dem Jahre 1876 Reprint Springer, Berlin, 1978

28. FISCHER, V., MATZEN, K., BRUNS, H. : Frakturtyp und Vorbehandlungsart als Ursachen der Tibiapseudarthrose. Arch.orthop.Unfall-Chir. 79 ,4-12 (1974)

29. FRAUSCHER, H. : Pseudarthrosenbehandlung mit Phemisterspänen. Chir.praxis 23 , 457-462 (1977)

30. FRIEDRICH, B. : Die Bedeutung der operativen Knochenbruchbehandlung für eine primäre oder sekundäre Frakturheilung. Med.Welt 29 , 1397-1401 (1978)

31. FRIEDRICH, B., KRONE, J.R.: Zur Ätiologie von Pseudarthrosen. Mschr.Unfallhk. 76 , 308-325 (1973)

32. GARRÉ ,C. , BORCHARD, A. Lehrbuch der Chirurgie. F.C.W. Vogel, Leipzig, 1921

33. GEIGES,F. : Die Pseudarthrosen der langen Röhrenknochen nach Schußfraktur und ihre Behandlung. MMW, Feldärztl.Beilage Nr. 17, 59 567-569(1917)

34. GREPL, J.: Angiographische Bewertungsmöglichkeiten pathologischer Heilungsprozesse der Frakturen. Fortschr. Röntgenstr. ,Bd 124 , H.1. 23-29 (1976)

35. HAHN, E. : Eine Methode,Pseudarthrosen der Tibia mit großem Knochendefekt zur Heilung zu bringen. Zbl.Chir., 11 ,Nr. 21, 337-341 (1884)

36. HAUS, P. : Pseudarthrosen des Handskeletts unter besonderer Berücksichtigung sanierender Behandlungsmethoden.
Inaug.Diss., Tübingen, 1977

37. HIEBER, W.D. : Die infizierte Tibiaschaftpseudarthrose.
Inaug.Diss., Tübingen, 1978

38. HIEBLER, W., FUEGER,G. : Szintigraphische Untersuchungen zur Frage der Metallentfernung nach Osteosynthesen an der unteren Extremität.
Unfallchirurgie 3 , 199-202 (1977)

39. HINTZ, K. : Die Behandlung von Unterarmschaftpseudarthrosen.
Inaug.Diss., Tübingen, 1977

40. HÖRSTER, G., HIERHOLZER, G., LUDOLPH, E. :
Reintervention bei aseptischen Komplikationen nach Marknagelung.
Unfallheilkunde 81 , 87-93 (1978)

41. HOFMANN, G., PROBST, J.: Zur Anwendung des Fixateur externe nach Raoul Hoffmann.
Fortschr.Med. 97 ,Nr. 20 ,931-936,949 (1979)

42. HOLZ, U. : Indikation zur Marknagelung .
Akt.traumatol. 6 , 363-368 (1976)

43. HOLZ, U. HEYD, M. ,HEMMINGER, W. et al. :
Typische Implantatbrüche im klinischen und metallkundlichen Bild.
Akt.traumatol . 7 165-176 (1977)

44. HOLZ, U., WELLER ,S. : Möglichkeiten der äußeren Fixation.
Chirurg 46 , 97-101 (1975)

45. JAHNA, H. : Die konservative Behandlung des frischen geschlossenen Unterschenkelschaftbruches. Unfallheilkunde 80 , 287-298 (1977)

46. JONASCH, E. : Die Operation nach Phemister bei Unterschenkelbrüchen mit verzögerter Bruchheilung oder bei Unterschenkelpseudarthrosen. Zbl. Chir., 98 , 1066-1070 (1973)

47. KEIL, H.-R., : Betrachtung über Entstehung,Behandlung und Ergebnisse bei 54 nachuntersuchten Pseudarthrosen des Schienbeinschaftes. Mschr.Unfallhk. 71 , 143-158 (1968)

48. KELLING, W. : Pseudarthroseentstehung und -behandlung bei 40 Oberarmschaftfrakturen. Inaug. Diss. Tübingen, 1976 .

49. KLEMM, K. : Die Verriegelungsnagelung. Entwicklung und Behandlungsprinzip. Symposium 3.2.1978, Wien, W. Maudrich.

50. KLEMS, H., WEIGERT, M., GRONERT, H-J.: Behandlung von Unterschenkelpseudarthrosen mit äußeren Spannern. Indikation, Technik,Ergebnisse. Akt.traumatol. 6 , 83-88 (1976)

51. KNAPP, U. : Marknagelungen bei Schaftpseudarthrosen. Akt.traumatol. 6 , 381-386 (1976)

52. KNAPP, U. WELLER, S. : Die Marknagelung bei verzögerter Knochenbruchheilung und Pseudarthrosen im Schaftbereich von Femur und Tibia. Unfallheilkunde 79 , 257-261 (1976)

53. KNAPP, U. WELLER, S. : Weichteilversorgung bei offenen Frakturen. Akt. traumatol. 8 ,319-327 (1978)

54. KONTSCHER, G. : Ursachen der Mißerfolge bei der Pseudarthrosenbehandlung mittels Spanverpflanzung. H.Unfallhk. Nr. 78 , 134-137 (1964)

55. KONTSCHER, G. : Die Marknagelung der Pseudarthrose. Mschr. Unfallhk. 52 ,1-10 (1949)

56. KUNITSCH, G., MUHR, G. : Die Radiologie des spongiösen Knochentransplantats beim Einbau und Umbau. Fortschr. Röntgenstr. Bd.120 , H.6., 739-743 (1974)

57.KUNZE, K.G., KRAUS, J. ECKE, H.et al.: Szintigraphische Untersuchungen zur Knochenbruchheilung. Unfallchirurgie 4 , Nr. 4, 195-206 (1978)

58. KUROCK, W., AHLERS, J., WALDE, H-J. : Ergebnisse der Marknagelung an der Tibia. Akt.traumatol. 6 , 403-405 (1976)

59. LANE, W.A. : The Operative Treatment of Fractures. The Medical Publishing co. London, 1914 (nach 30) Friedrich ,B.).

60. LANGE, M. : Orthopädisch-Chirurgische Operationslehre Ergänzungsband , J.F. Bergmann, München, 1968 .

61. LEHMANN, L., KAUFNER, H-K., FRIEDRICH, B.: Zur Problematik der Sekundärfrakturen nach Entfernung des Osteosynthesematerials. Unfallheilkunde 80 , 449-455 (1977)

62. MATTI, H. : Über die Behandlung von Pseudarthrosen mit Spongiosatransplantation. Arch.orthop. Unfallchir.31 ,218-231 (1932)

63.MATZEN, P .F.: Lehrbuch der Orthopädie, Bd. I u. II. VEB Verlag Volk und Gesundheit,Berlin,1967

64. MAYER, G. Ergebnisse der operativen Behandlung von posttraumatischen Pseudarthrosen langer Röhrenknochen. Beitr.Orthop. u. Traumatol. 24 ,H.3, 16o-167 (1977)

65. MEEDER,P.J., SCHMELZEISEN, H. :Die Fibula-pro-Tibia-Operation ,eine alternative Methode zur Sanierung infizierter Defektpseudarthrosen der Tibia? Vortrag, 16.Tagung der Österreichischen Gesellschaft für Unfallchirurgie (Masch.) 3.-4.10.1980 in Salzburg

66. MIEHLE, D.: Indikationen und Erfahrungen mit dem Fixateur externe an der unteren Extremität. Zbl.Chir., 105 , 1-11, (1980)

67. MÖSENEDER, H., FINK, D.,: Die subcutane Drahtcerclage geschlossener frischer Unterschenkelbrüche. H.Unfallhk. Nr. 117, 120-123 (1973)

68. MÖLLER, J. SCHENK, R., WILLENEGGER, H.: Experimentelle Untersuchungen über die Entstehung reaktiver Pseudarthrosen am Hunderadius. Helv.Chir.Acta, 35 , H.1/2 , 301-308 (1968)

69. MÖLLER, J., SCHENK, R. : Experimentelle Untersuchungen über die Heilungsvorgänge bei Pseudarthrosen. Helv.Chir.Acta 40 , 253-257 (1973)

70. PALLESEN, J. : Falsche Indikationen ,falsche Technik bei Marknagelungen der unteren Gliedmaße. Unfallheilkunde 80 , 107-110 (1977)

71. PALLESEN, J : Fehler und Gefahren bei der Versorgung von Pseudarthrosen. 14. Jahrestagg. der Dtsch.Gesellschaft für plast. und Wiederherstellungschirurgie. Nov. 1976, 88-89 , Thieme, 1978

72. PERREN, S.M. : Biomechanik der Frakturheilung Orthopädie, 3 , 135-139 (1974)

73. POPKIROV , S. : Knochentransplantation bei hämatogener und posttraumatischer Osteomyelitis. Zbl. Chir. 103 , 842-853 (1978)

74. PROBST, J. : Indikationen der Reosteosynthesen am Unterschenkel. H.Unfallhk. Nr. 117 , 123-125 (1973)

75. PSCHYREMBEL, W. Klinisches Wörterbuch de Gruyter,Berlin,1977

76. REHN, J. SCHRAMM, W. : Die Behandlung von Schienbeinfalschgelenkbildungen durch Synostosenbildung zwischen Schien- und Wadenbein. Mschr. Unfallhk. 69 , 530-538 (1966)

77. REICHEN, A., DÖRIG, M., GMÜR, D., et al.: Spätkomplikationen nach extraartikulären Unterschenkelfrakturen. Helv.Chir.Acta, 42 479-484 (1975)

78. REIFFERSCHEID, M. : Chirurgie, Thieme, 1977

79. RITTER, U. : Oberdie Heilvorgänge bei der subperiostalen Spananlagerung nach Phemister. Langenbeck's Arch. Klin.Chir. 274,268-292 (1953)

80. SAUER, H.D.: Pseudarthrosen nach Osteosynthesen. Med.Welt 29 , 1838-1840 (1978)

81. SCHAUWECKER, F.: Osteosynthesepraxis. Thieme,Stuttgart,1981

82. SCHELLMANN,W.D., MOCKWITZ, J., KLEMM,K.: Die aseptische Pseudarthrose des Femurs und der Tibia. Symposium 3.2.1978 , Wien 117-125 , W.Maudrich

83. SCHWEIBERER, L.: Verhütung und Behandlung von Infektionen nach Osteosynthesen. Chirurg , 48 ,1-5 (1977)

84. SCHWEIBERER , L., KLAPP, F., CHEVALIER,H.: Platten- und Schraubenosteosynthese bei Frakturen und Pseudarthrosen des Ober- und Unterschenkels. Chirurg 46 , 155-160 (1975)

85. SEILER, H., KLAPP,F., EITEL , F.: Klinische Aspekte der gestörten Frakturheilung am Tibiaschaft unter besonderer Berücksichtigung der Fragmentnekrose. Chirurg 50 , 384-391 (1979)

86. SÉQUIN, F., TEXHAMMAR, R.: Das AO-Instrumentarium. Springer,Berlin ,1980

87. SKIBBE, G., ECKE, H.: Behandlung infizierter Tibiapseudarthrosen durch äußere Druckosteosynthese. Therap.Woche 21 , H. 14 1108 (1971)

88. SUND, Ch., TETZNER, U.: Die percutane Drahtumschlingung nach Götze-Jordan.
Chir.praxis 21 , 637-660 (1976)

89. TAUSCH, W., HENKERT, K.: Ein Beitrag zum Problem der Osteosynthese langer Röhrenknochen.
Orthop. u. Traumatol. 24 , H.9, 478-492 (1977)

90. THOMAS, P., GEROMETTA, P., EDELMANN, M. :
Analyse von Fehlergebnissen bei Unterschenkel-osteosynthesen.
Therap. Woche 30 , 1606-1609 (1980)

91. TIEDTKE, D. : Die Behandlung der Unterschenkelpseudarthrose und ihre Ergebnisse,gleichzeitig eine Statistik über 490 Unterschenkelbrüche.
Inaug.Diss., Frankfurt , 1970

92. TIMME, K.U. : Die Knochentransplantation bei der Behandlung der verzögerten Frakturheilung und Pseudarthrose der Tibia.
Mschr. Unfallhk. 74 349-361 (1971)

93. TSCHERNE, OESTERN, H.J. : Die Pseudarthrosen und Fehlstellungen.
Schriftenreihe Unfallmed. Tagg.Landesverband gewerbl. BGen H 17, 81-85 (1973)

94. VOORHOEVE, A., STERNEMANN, H.O.:
Die Marknagelung distaler Schienbeinfalschgelenke.
Akt.traumatol. 3 , 149-151 (1973)

95.VOSSSCHULTE, K., LASCH, H.G., HEINRICH, F.:
Innere Medizin und Chirurgie ,
Thieme, Stuttgart, 1979

96. WEBER, B.G. : Zuggurtungsosteosynthesen mit Draht.
Chirurg 46 , 102-105 (1975)

97. WEBER, B.G., ČECH, O.: Pseudarthrosen. Pathophysiologie, Biomechanik, Therapie, Ergebnisse.
Huber, Bern , 1973

98. WEBER, U., BECERRA-URTIAGA, V.M., GROß , E.:
Die Transplantation periostgedeckter kortikospongiöser Knochenspäne zur Behandlung von Frakturen und Pseudarthrosen langer Röhrenknochen.
Z.Orthop. 116 , 27-36 (1978)

99. WEIGERT, M., KLEMS, H.: Differenzierte Indikationsstellung zur operativen Behandlung der verzögerten Kallusbildung und Pseudarthrose des Schienbeinschafts.
Zbl.Chir. 99 , 1415-1422 (1974)

100.WEIß ,H., WISSING, H., SCHMIT-NEUERBURG, K.-P.:
Komplikationsrate und Infektionsrisiko offener und geschlossener Unterschenkelbrüche mit Weichteilschaden.
Akt. traumatol. 8 , 329-339 (1978)

101.WELLER, S., HOLZ, U.: Percutane Drahtcerclage nach Goetze.
Chir.Praxis Bd 27, 304-305 (1980)

102.WELLER, S. , SCHAUWECKER, F.:
Für und wider die Indikation zur Drahtumschlingung bei Schaftbrüchen.
Akt.traumatol. 1 , 43 (1971)

103.WELLHÖNER, H.H. : Pharmakologie und Toxikologie,
Springer, Berlin, 1976

104.WELZ, K.: Die Plattenosteosynthese nach dem Abstützprinzip.
Zbl.Chir. 104 , 145-153 (1979)

105.WERKEN,van der ,C., BURRI, C., WOLTER,D.:
Autologe Spongiosatransplantation.
Akt.traumatol. 9 , 197-204 (1979)

106.WEYAND, F., KUNER, E.H.: Zur Frage der Metallentfernung beim alten Menschen.
Akt.traumatol. 1 , 235 (1971)

107.WITT, A.N.: Die Defektpseudarthrose.
H.Unfallhk. Nr. 94, 24-31 (1968)

108.WOLFF, J. : Das Gesetz der Transformation der Knochen.
Hirschwald,Berlin, 1892

109.WONDRAK ,E.: Die Fibula im Heilungsprozess der Tibia-pseudarthrose.
Zbl. Chir. 98 ,521-525 (1973)

110.ZECHMANN,W., OBERHAMMER, J.: Szintigraphische Verlaufskontrollen der Frakturheilung bei Unterschenkelfrakturen.
ZVA 27 , 1374-1377 (1976)

L e b e n s l a u f

Am 3.4.1957 wurde ich als Tochter des Willy Abele und seiner Frau Emma, geb. Klaiber, in Stuttgart geboren. Nach dem Besuch von vier Grundschulklassen wechselte ich 1967 aufs Gymnasium über und legte dort im Mai 1976 die Reifeprüfung mit dem Großen Latinum ab. Zum Sommersemester 1977 nahm ich an der Eberhard-Karls-Universität in Tübingen das Medizinstudium auf, bestand dort im März 1979 die Ärztliche Vorprüfung und im März 1980 den Ersten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung. Im Mai 1979 heiratete ich Michael Graf zu Münster. Vom Sommer 1980 bis zum Sommer 1981 fertigte ich an der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen meine Doktorarbeit mit dem Thema " Behandlungsergebnisse bei 137 aseptischen Tibiaschaftpseudarthrosen " an. Im März 1982 bestand ich den Zweiten und am 18.04.1983 den Dritten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung.

Sprint-Druck GmbH
7000 Stuttgart 30
Wiener Str. 117
Tel. 0711/81 26 69

Sprint-Druck GmbH
7000 Stuttgart 30
Wiener Str. 117
Tel. 0711/81 26 69